

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromandelica*) SEBAGAI
BIOREDUKTOR DAN POTENSINYA SEBAGAI SENSOR
KOLESTEROL DARAH**

*SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING EXTRACT OF
KAYU JAWA (*Lannea coromandelica*) BARK AS BIOREDUCTOR
AND ITS POTENTIAL AS BLOOD CHOLESTEROL SENSOR*

NURITASARI AZIS

H012191006



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromandelica*) SEBAGAI
BIOREDUKTOR DAN POTENSINYA SEBAGAI SENSOR
KOLESTEROL DARAH**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh:

NURITASARI AZIS

H012191006

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromandelica*) SEBAGAI
BIOREDUKTOR DAN POTENSINYA SEBAGAI
SENSOR KOLESTEROL DARAH**

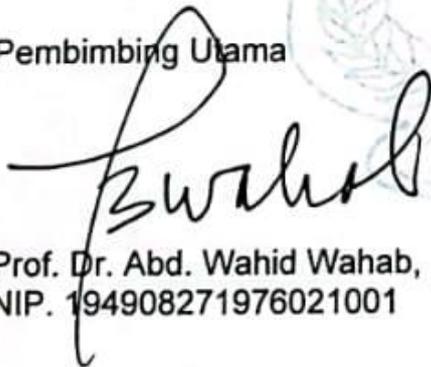
NURITASARI AZIS

NIM: H012191006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Kimia Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 12 April 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc
NIP. 194908271976021001

Pembimbing Pendamping



Dr. Abdul Karim, M.Si
NIP. 196207101988031002

Ketua Program Studi
Magister Kimia



Dr. Hasnah Natsir, M.Si
NIP. 196203201987112001

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si
NIP. 197205151997021002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai Bioreduktor dan Potensinya sebagai Sensor Kolesterol Darah adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Abdul Karim, M.Si sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi (*Journal of Scientific and Applied Chemistry*), Volume 25, Nomor 6, Halaman 224–230, dan DOI: <https://doi.org/10.14710/jksa.25.6.224-230>) sebagai artikel dengan judul "Synthesis of Silver Nanoparticles in an Eco-friendly Way Using *Lannea coromandelica* Aqueous Bark Extract".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 13 April 2023



Nuritasari

Nuritasari Azis
NIM. H012191006

*“Untuk **Mamak** dan **Bapak** yang selalu mendukung dalam mendapatkan pendidikan dan yang tiada henti memberikan do’a terbaik serta **kedua kakakku** sebagai sumber inspirasi dan motivasi”*

PRAKATA

Semoga **Allah** yang Mahamulia senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita, sehingga kita bukan saja akan menjadi hamba yang mulia, tetapi juga diridhai-Nya. Salawat dan salam kepada **Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam**, beliaulah panutan kita yang paling benar di bumi ini. Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul **Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai Bioreduktor dan Potensinya sebagai Sensor Kolesterol Darah** sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Magister Sains Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Hasanuddin (Unhas).

Pada lembaran ini, penulis ingin menyampaikan limpahan rasa hormat, ucapan terima kasih, dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** selaku Pembimbing Utama dan penasehat akademik serta Bapak **Dr. Abdul Karim, M.Si** selaku Pembimbing Pertama, yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan bimbingan, saran, dan nasehat yang sangat berharga dari awal persiapan hingga selesainya penelitian ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tim penguji hasil penelitian **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc** (ketua), **Dr. Abdul Karim, M.Si** (sekretaris), **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, M.S** (anggota), **Dr. Yusafir Hala, M.Si** (anggota), dan **Dr. Prastawa Budi, M.Sc** (anggota) atas bimbingan dan saran sebagai masukan berharga untuk perbaikan penulisan tesis ini.
2. Seluruh **Bapak dan Ibu dosen Program Studi Magister Kimia FMIPA Unhas** yang telah mendidik, membekali ilmu pengetahuan dan motivasi selama mengikuti pendidikan.
3. Ketua Program Studi Magister Kimia, **Dr. Hasnah Natsir, M.Si**, seluruh analis Laboratorium Kimia, khususnya **Kak Fibi, Pak Ikbal**, dan **Bu Tini**, serta staf Program Pascasarjana Kimia **Pak Iccang** dan **Bu Kiki** atas dukungan dan bantuan yang diberikan.
4. **Teman-teman seperjuangan Magister Kimia**, khususnya angkatan 2019 dan 2020 yang telah memberi motivasi dan dorongan selama melalui suka duka masa perkuliahan dan penelitian.

5. **Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu** yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan do'a kepada penulis.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan selanjutnya. Akhirnya, penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu sains khususnya ilmu kimia. Aamiin.

Makassar, 04 April 2023

Nuritasari Azis

ABSTRAK

NURITASARI AZIS. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai Bioreduktor dan Potensinya sebagai Sensor Kolesterol Darah (dibimbing oleh Abd. Wahid Wahab dan Abd. Karim).

Penggunaan energi yang cukup besar dan bahan kimia yang mahal dan berbahaya telah menjadi beberapa kelemahan dalam sintesis nanopartikel perak. Metode biologi dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor merupakan metode alternatif yang mudah, cepat, dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini, sintesis nanopartikel perak telah dilakukan dengan mereaksikan prekursor larutan AgNO_3 1 mM dan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dengan perbandingan 20:8 dan didiamkan selama 2 jam. Nanopartikel perak yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Particle Size Analyzer* (PSA), *X-ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS), serta dilanjutkan dengan pengujian potensinya sebagai sensor kolesterol darah. Hasil karakterisasi nanopartikel perak yaitu munculnya puncak absorbansi pada panjang gelombang 438 nm; gugus hidroksil yang terkandung dalam ekstrak kulit batang kayu jawa diduga bertanggung jawab atas reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak; distribusi ukuran partikel menunjukkan ukuran rata-rata 59 nm dengan nilai *Polydispersity Index* (PI) 0,3; munculnya puncak difraksi 2θ $37,81^\circ$; $44,04^\circ$; $64,40^\circ$; dan $77,50^\circ$ dengan indeks *Miller* (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), dan (3 1 1) struktur kristal *face-centered cubic* (FCC) dengan ukuran kristal rata-rata (*D*) 50 nm; serta struktur permukaan bentuk partikel tidak seragam dan tidak beraturan dengan persentase massa Ag 87,12%. Nanopartikel perak yang diperoleh juga diaplikasikan dengan memodifikasi permukaan elektroda kerja untuk menentukan kadar kolesterol darah menggunakan metode voltametri. Hasil pengukuran kolesterol berada pada kisaran 1000–2000 ppm dengan $R^2 = 0,9949$, limit deteksi 1069 ppm, dan sensitivitas $0,08 \text{ mA ppm}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Konsentrasi kolesterol yang terkandung dalam sampel serum darah 1935,17 ppm atau 193,52 mg/dL.

Kata kunci: nanopartikel perak, kulit batang *Lannea coromandelica*, bioreduktor, sensor kolesterol, metode voltametri

ABSTRACT

NURITASARI AZIS. **Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extract of Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) Bark as Bioreductor and Its Potential as Blood Cholesterol Sensor** (supervised by Abd. Wahid Wahab dan Abd. Karim).

The use of significant energy and expensive and hazardous chemicals has been some of the shortcomings in synthesizing silver nanoparticles. The biological method using plant extract as a bioreductor is an alternative method that is easy, rapid, and eco-friendly. In this study, the synthesis of silver nanoparticles was performed by reacting precursor of AgNO_3 1 mM solution and bioreductor of extract of kayu jawa (*Lannea coromandelica*) bark at ratio 20:8 and incubated for 2 hours. The obtained silver nanoparticles were characterized using an Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectrophotometer, Fourier Transform Infrared (FTIR), Particle Size Analyzer (PSA), X-ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS), followed by testing its potential as blood cholesterol sensor. The characterization results of silver nanoparticles were the appearance of an absorbance peak at a wavelength of 438 nm; the hydroxyl groups contained in the extract of kayu jawa bark was responsible for reducing silver ions to silver nanoparticles; the particle size distribution showed an average size of 59 nm with a *Polydispersity Index* (PI) value of 0.3; the appearance of a 2θ diffraction peak at $37,81^\circ$; $44,04^\circ$; $64,40^\circ$; and $77,50^\circ$ with *Miller* index at (1 1 1), (2 0 0), (2 2 0), and (3 1 1) face-centered cubic (FCC) crystal structure with an average crystal size (*D*) of 50 nm; and a non-uniform and irregular surface structure of the particles with an Ag mass percentage of 87.12%. The obtained silver nanoparticles were also applied by modifying the working electrode surface to determine blood cholesterol levels using the voltammetry method. The results of measuring cholesterol were in the range of 1000–2000 ppm with $R^2 = 0.9949$, a detection limit of 1069 ppm, and a sensitivity of $0.08 \text{ mA ppm}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. The cholesterol concentration in the blood serum sample was 1935.17 ppm or 193.52 mg/dL.

Keywords: silver nanoparticles, *Lannea coromandelica* bark, bioreductor, cholesterol sensor, voltammetry method

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| PRAKATA..... | vii |
| ABSTRAK..... | viii |
| ABSTRACT | xi |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Nanoteknologi..... | 6 |
| 2.2 Nanopartikel..... | 7 |
| 2.3 Nanopartikel Perak | 8 |
| 2.4 Sintesis Nanopartikel Perak | 9 |
| 2.5 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Ekstrak Tumbuhan | 11 |
| 2.6 Kayu Jawa (<i>Lannea coromandelica</i>)..... | 13 |
| 2.7 Kolesterol dan Kesehatan Manusia..... | 16 |
| 2.8 Metode Voltametri..... | 19 |
| 2.9 Kerangka Pikir dan Hipotesis Penelitian | 20 |
| 2.9.1 Kerangka Pikir Penelitian | 20 |
| 2.9.2 Hipotesis Penelitian | 21 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Bahan dan Alat Penelitian | 22 |
| 3.1.1 Bahan Penelitian..... | 22 |
| 3.1.2 Alat Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian | 22 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1 Pembuatan Larutan AgNO ₃ | 23 |
| 3.3.2 Pembuatan Larutan Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa | 23 |
| 3.3.3 Sintesis Nanopartikel Perak | 23 |
| 3.3.4 Karakterisasi Nanopartikel Perak | 24 |
| 3.3.5 Aplikasi Sensor Kolesterol Berbasis Nanopartikel Perak ... | 26 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 4.1 Pembuatan Larutan Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa | 28 |
| 4.2 Sintesis Nanopartikel Perak | 28 |
| 4.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak | 29 |
| 4.3.1 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis | 29 |
| 4.3.2 Karakterisasi Menggunakan FTIR..... | 32 |
| 4.3.3 Karakterisasi Menggunakan PSA..... | 34 |
| 4.3.4 Karakterisasi Menggunakan XRD | 35 |
| 4.3.5 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS | 36 |
| 4.4 Aplikasi Sensor Kolesterol Berbasis Nanopartikel Perak | 37 |
| 4.4.1 Pengukuran Larutan Kolesterol Standar | 37 |
| 4.4.2 Pengukuran Kolesterol dalam Sampel Serum Darah | 39 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 40 |
| 5.1 Kesimpulan | 40 |
| 5.2 Saran..... | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA | 41 |
| LAMPIRAN | 50 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Teknik-teknik yang digunakan untuk sintesis nanopartikel | 9 |
| 2. Perbandingan metode sintesis nanopartikel | 10 |
| 3. Sintesis nanopartikel perak oleh peneliti yang berbeda dengan menggunakan ekstrak tumbuhan | 11 |
| 4. Rentang kolesterol total, LDL, dan HDL pada manusia | 17 |
| 5. Metode penentuan kadar kolesterol | 18 |
| 6. Pergeseran panjang gelombang maksimum koloid nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi AgNO_3 terhadap fungsi waktu..... | 31 |
| 7. Pergeseran panjang gelombang maksimum koloid nanopartikel perak dengan variasi volume ekstrak KB-KJ terhadap fungsi waktu... | 32 |
| 8. Data serapan FTIR (a) ekstrak KB-KJ dan (b) nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak KB-KJ..... | 33 |
| 9. Analisis ukuran kristal nanopartikel perak | 36 |
| 10. Hasil pengukuran larutan kolesterol standar | 38 |
| 11. Linearitas, limit deteksi, dan sensitivitas elektroda kerja modifikasi nanopartikel perak..... | 38 |
| 12. Hasil pengukuran kolesterol dalam sampel serum darah | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. (a) Tumbuhan kayu jawa (<i>Lannea coromandelica</i>) dan (b) batang..... | 14 |
| 2. Prediksi mekanisme yang terlibat dalam reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak oleh senyawa kuersetin | 16 |
| 3. Struktur kolesterol ($C_{27}H_{46}O$) | 16 |
| 4. Skema sel elektrokimia | 19 |
| 5. Reaksi oksidasi kolesterol menjadi <i>cholest-4-en-3-one</i> | 20 |
| 6. Diagram kerangka pikir penelitian | 21 |
| 7. (a) Pohon kayu jawa, (b) KB-KJ, dan (c) larutan ekstrak KB-KJ | 28 |
| 8. (a) Koloid nanopartikel perak pada konsentrasi $AgNO_3$ 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 mM dan (b) koloid nanopartikel perak pada volume ekstrak KB-KJ 0,5; 1; 2; 4; 8 mL..... | 28 |
| 9. Spektrum UV-Vis koloid nanopartikel perak pada konsentrasi $AgNO_3$ 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 mM..... | 30 |
| 10. Spektrum UV-Vis koloid nanopartikel perak pada volume ekstrak KB-KJ 0,5; 1; 2; 4; 8 mL..... | 31 |
| 11. Spektrum FTIR (a) ekstrak KB-KJ dan (b) nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak KB-KJ..... | 33 |
| 12. Distribusi ukuran nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak KBKJ..... | 34 |
| 13. Difraktogram nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak KBKJ..... | 35 |
| 14. (a) Foto SEM dengan perbesaran 3000x dan (b) spektrum EDS nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak KB-KJ..... | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Diagram alir penelitian | 50 |
| 2. Bagan kerja pembuatan larutan AgNO ₃ | 51 |
| 3. Bagan kerja pembuatan larutan ekstrak kulit batang kayu jawa..... | 52 |
| 4. Bagan kerja sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak | 53 |
| 5. Bagan kerja pembuatan larutan kolesterol standar..... | 54 |
| 6. Bagan kerja persiapan elektroda kerja dan pengendapan nanopartikel perak..... | 55 |
| 7. Bagan kerja pengukuran larutan kolesterol standar dan sampel serum darah | 56 |
| 8. Dokumentasi penelitian..... | 57 |
| 9. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis..... | 60 |
| 10. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR..... | 61 |
| 11. Hasil karakterisasi menggunakan PSA | 63 |
| 12. Hasil karakterisasi menggunakan XRD | 64 |
| 13. Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDS | 65 |

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

| Lambang/singkatan | Arti dan keterangan |
|-------------------|--|
| A | ampere |
| FCC | <i>face-centered cubic</i> |
| FTIR | <i>Fourier Transform Infrared</i> |
| GAE | <i>gallic acid equivalent</i> |
| GC | <i>Gas Chromatography</i> |
| HDL | <i>High Density Lipoprotein</i> |
| JCPDS | <i>Joint Committee on Powder Diffraction Standards</i> |
| KB-KJ | kulit batang kayu jawa |
| LBL | <i>layer by layer</i> atau lapis demi lapis |
| LC | <i>Liquid Chromatography</i> |
| LDL | <i>Low Density Lipoprotein</i> |
| mA | miliampere |
| mg/dL | milligram per desiliter |
| mM | milimolar |
| MS | <i>Mass Spectrometry</i> |
| nm | nanometer |
| PAA | <i>polyacrylic acid</i> |
| PI | <i>Polydispesity Index</i> |
| ppm | <i>part per million</i> atau bagian per sejuta |
| PSA | <i>Particle Size Analyzer</i> |
| QE | <i>quercetin equivalent</i> |
| SEM-EDS | <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> |
| TG | <i>Triglycerides</i> |
| UV-Vis | <i>Ultraviolet-Visible</i> |
| XRD | <i>X-ray Diffraction</i> |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi mengacu pada istilah untuk pembuatan, penggambaran, manipulasi, dan aplikasi struktur dengan mengontrol bentuk dan ukuran pada skala nano (Subramani dkk., 2019). Beberapa tahun terakhir nanoteknologi menarik perhatian para ilmuwan material di seluruh dunia dan menjadi bidang riset paling diminati. Nanoteknologi berkembang dengan cepat dan sangat menjanjikan karena aplikasinya yang sangat luas dalam berbagai sektor kehidupan (Nasrollahzadeh dkk., 2019; Khan dkk., 2020).

Salah satu bidang penelitian nanoteknologi adalah nanopartikel. Ciri khas nanopartikel adalah pada ukuran partikelnya yang berskala nanometer dan memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) (Hussain dkk., 2017; Khodashenas dan Ghorbani, 2019). Nanopartikel memiliki beberapa kelebihan diantaranya ukuran sangat kecil yakni 1–100 nm, luas permukaan yang besar, sifat-sifat khusus seperti konduktivitas listrik, magnetik, dan optik yang berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar, aplikasi yang luas, dan potensi untuk revolusi industri (Patil dan Kim, 2017; Abdelghany dkk., 2018; Chouhan, 2018).

Nanopartikel perak merupakan salah satu nanopartikel logam yang banyak dikembangkan karena sifat fisik, kimia, dan biologinya yang unik dan menarik jika dibandingkan dengan skala makronya (Shanmuganathan dkk., 2019). Nanopartikel perak juga memiliki kelebihan dibandingkan nanopartikel logam lain seperti memiliki daya hantar listrik tinggi, efektivitas antimikroba kuat, harga yang lebih murah dibandingkan emas dan platinum, stabilitas kimia yang baik, dan kemampuan katalitik yang baik (Chouhan, 2018; Reddy dkk., 2021). Salah satu aplikasi potensial dari nanopartikel perak adalah sensor elektrokimia. Penggunaan nanopartikel perak pada sensor elektrokimia karena nanopartikel perak memiliki karakteristik seperti ukuran yang sangat kecil sehingga luas permukaannya besar, kemampuan elektrokatalitik yang baik, dan konduktor yang baik (Riyanto dan Laksono dkk., 2017; Prajapati dkk., 2020; Tan dkk., 2020).

Secara umum, nanopartikel perak dapat disintesis menggunakan tiga metode yaitu metode fisika, kimia, dan biologi. Metode fisika dan kimia memiliki kelemahan seperti penggunaan energi yang cukup besar dan bahan kimia yang mahal dan berbahaya (de Souza dkk., 2019; Yaqoob, dkk., 2020). Hal ini mendorong upaya pengembangan metode sintesis yang ramah lingkungan yaitu metode biologi. Umumnya, metode ini dilakukan dengan memanfaatkan sumber alami seperti ekstrak tumbuhan, mikroorganisme, jamur, dan alga. Kandungan senyawa aktif dalam sumber alami tersebut berfungsi sebagai bioreduktor dan penstabil alami dalam proses sintesis nanopartikel perak (Syafiuddin dkk., 2017; Rafique dkk., 2018). Menurut Abdelghany dkk. (2018); Alabdallah dan Hasan (2021); Gundo dkk. (2021), pemanfaatan tumbuhan dalam sintesis nanopartikel perak mendapatkan lebih banyak popularitas karena protokolnya yang cepat, ramah lingkungan, non-patogen, ekonomis, dan lebih menguntungkan daripada menggunakan mikroorganisme yang membutuhkan metode mahal untuk mempertahankan kultur mikroba dan lebih banyak waktu untuk sintesis.

Bagian-bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji telah berhasil digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Sharifi-Rad dkk. (2020) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak akar *Astragalus tribuloides* diperoleh ukuran partikel 34,2 nm. Shah dkk. (2021) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak batang *Dodonaea viscosa* diperoleh ukuran partikel 60 nm. Wahab dkk. (2018) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun *Muntingia calabura* diperoleh ukuran partikel 97,04 nm. Jin dkk. (2021) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak bunga *Paeonia lactiflora* diperoleh ukuran partikel 58,26 nm. Shahid-ul-Islam dkk. (2019) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak kulit buah *Punica granatum* diperoleh ukuran partikel 20–50 nm. Choudhary dkk. (2018) telah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak biji *Cuminum cyminum* diperoleh ukuran partikel 10–30 nm. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, ekstrak yang digunakan mengandung metabolit sekunder seperti fenolik, flavonoid, polifenol, dan tanin yang memiliki aktivitas antioksidan sehingga dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak.

Salah satu tumbuhan yang juga diduga berpotensi sebagai bioreduktor adalah kayu jawa (*Lannea coromandelica*). Kayu jawa adalah pohon tropis gugur yang tersebar luas di beberapa negara tropis termasuk Indonesia. Masyarakat suku Bugis mengenal kayu jawa sebagai *aju tammate* yang memiliki arti tidak mati,

karena sifatnya yang mudah sekali tumbuh, sekalipun pada musim kemarau. Biasanya masyarakat menggunakan kayu jawa sebagai tumbuhan pagar dan makanan ternak, namun ternyata memiliki banyak manfaat (Husain dkk., 2019; Mu'nisa dkk., 2019). Beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak kulit batang memiliki aktivitas antibakteri (Syamsurya dkk., 2016), antimikroba, antioksidan, antikanker (Hossain dkk., 2018), antidiabetes (Islam dkk., 2018), penyembuhan luka (Calsum dkk., 2018), dan antiplasmodium (Tahir dkk., 2020). Kaur dkk. (2012) dan Das (2014) melaporkan hasil uji fitokimia ekstrak air kulit batang kayu jawa memiliki kandungan metabolit sekunder antara lain flavonoid, fenol, terpenoid, alkaloid, saponin, steroid, dan tanin. Yun dkk. (2014) melaporkan ekstrak kulit batang kayu jawa mengandung flavonoid dalam bentuk kuersetin. Senyawa kuersetin dalam ekstrak daun *Ocimum sanctum* (Jain dan Mehata, 2017) dan ekstrak umbi *Myrmecodia pendans* (Maarebia, 2019) dilaporkan bertindak sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Kedua penelitian tersebut membandingkan sintesis nanopartikel perak menggunakan flavonoid murni yaitu kuersetin dan hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kuersetin bertanggung jawab dalam mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak.

Nanopartikel perak yang dihasilkan akan diaplikasikan sebagai sensor kolesterol darah. Kolesterol merupakan senyawa lemak yang memiliki peran penting untuk tubuh manusia. Analisis klinis terhadap kolesterol dalam serum darah dianggap penting untuk mendiagnosis dan mencegah sejumlah gangguan kesehatan seperti hipertensi, stroke, jantung koroner, dan gangren. Gangguan kesehatan tersebut berkorelasi positif dengan kadar kolesterol total dalam serum darah manusia (Anggraini dan Nabillah, 2018; Zampelas dan Magriplis, 2019). Beberapa metode telah dikembangkan untuk penentuan kadar kolesterol yaitu metode kimia klasik *Abell-Kendall*, fluorometrik-uji enzimatik, dan instrumen analisis seperti *Gas Chromatography* (GC), *Liquid Chromatography* (LC), atau *Mass Spectrometry* (MS). Masing-masing metode tersebut memiliki ciri khas tersendiri. Metode kimia klasik relatif sederhana dan murah untuk dilakukan tetapi dibutuhkan prosedur *multi-step*. Uji enzimatik melibatkan penggunaan enzim yang mahal. Instrumen GC, LC, dan MS adalah yang paling akurat dan sensitif, namun membutuhkan biaya peralatan yang mahal dan *pre-treatment* sampel yang ekstensif (Ahmadraji dan Killard 2013; Li dkk., 2019).

Metode voltametri atau sensor elektrokimia merupakan metode alternatif yang dapat digunakan dalam mendeteksi kolesterol darah. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan metode penentuan kadar kolesterol lain yaitu tidak

memerlukan pelarut organik dengan kemurnian tinggi, biaya analisis lebih ekonomis, serta peralatan yang digunakan lebih praktis dan mudah dilakukan (Riyanto dan Laksono, 2017; Derina dkk., 2020). Salah satu pengembangan metode voltametri yaitu memodifikasi permukaan elektroda kerja dengan nanopartikel perak. Penggunaan nanopartikel perak bertindak sebagai katalis dan *platform* mobilisasi (Derina dkk., 2017; Maarebia, 2019), serta meningkatkan elektrokatalitik sensor yang memengaruhi kecepatan transfer elektron dan arus yang dihasilkan dalam mendeteksi kolesterol (Han dkk., 2022).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai bioreduktor dan untuk diaplikasikan sebagai sensor kolesterol darah. Hasil sintesis nanopartikel perak yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PSA, XRD, dan SEM-EDS, serta modifikasi permukaan elektroda kerja dengan nanopartikel perak untuk menentukan kadar kolesterol darah dengan metode voltametri.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana potensi ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*)?
3. bagaimana respons sensor berbasis nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dalam mendeteksi kadar kolesterol darah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mensintesis dan menentukan potensi ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak;
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*);
3. menentukan respons sensor berbasis nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dalam mendeteksi kadar kolesterol darah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang pemanfaatan ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) menjadi sesuatu yang berdaya guna tinggi seperti menjadi bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak yang berpotensi untuk mendeteksi kolesterol, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengembangan sensor kolesterol berbasis nanopartikel perak. Selain itu, pemanfaatan bahan alam dapat menjadi alternatif sintesis nanopartikel perak yang ramah lingkungan, sehingga mengurangi bahan-bahan kimia yang berbahaya sekaligus limbahnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanoteknologi

Definisi nanoteknologi yang paling sederhana adalah teknologi dalam skala nano. Istilah nano berasal dari kata Yunani yang berarti sangat kecil dan bila digunakan sebagai awalan menunjukkan ukuran 10^{-9} m atau sama dengan 1 nm (Nasrollahzadeh dkk., 2019). Nanoteknologi adalah ilmu yang membahas preparasi partikel berukuran nano mulai dari 1 hingga 100 nm menggunakan strategi sintesis yang beragam dan struktur partikel serta modifikasi ukuran (Oprica dan Balasoiu, 2019).

Secara historis, konsep nanoteknologi pertama kali diusulkan oleh fisikawan dan peraih Nobel Dr. Richard P. Feynman dalam presentasinya "*There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics*" pada pertemuan *American Physical Society* di Caltech pada tahun 1959. Feynman mengemukakan bahwa material pada skala nanometer akan memberikan berbagai peluang baru ke masa depan. Istilah nanoteknologi pertama kali diresmikan oleh Prof. Norio Taniguchi, Tokyo University of Science dalam makalahnya "*On the basic concept of nanotechnology*" pada tahun 1974. Kemudian, pada awal 1980-an, definisi nanoteknologi dieksplorasi lebih jauh lagi oleh Prof. Eric Drexler, dosen dan peneliti nanoteknologi dalam bukunya "*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*" (Zaid dan Iqbal, 2019; Bayda dkk., 2020).

Nanoteknologi adalah ilmu interdisipliner dengan potensi besar dalam merevolusi ilmu pengetahuan dan teknologi industri, dan memiliki aplikasi yang sangat luas. Penerapan nanoteknologi dalam kehidupan sehari-hari diantaranya penyimpanan energi, pertahanan dan keamanan, metalurgi dan material, elektronik, teknik optik dan komunikasi, biomedis dan *drug delivery*, pertanian dan makanan, kosmetik dan cat, bioteknologi, dan tekstil. Selama tiga dekade terakhir, nanoteknologi telah dianggap sebagai salah satu bidang ilmu pengetahuan modern yang paling penting dan sedang berkembang (Nasrollahzadeh dkk., 2019; Khan dkk., 2020).

2.2 Nanopartikel

Nanopartikel merupakan salah satu bidang penelitian nanoteknologi yang sangat berkembang secara signifikan di seluruh dunia. Nanopartikel adalah material yang memiliki ukuran antara 1–100 nm dan memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan material sejenis dalam ukuran besar (Hussain dkk., 2017; Khodashenas dan Ghorbani, 2019). Menurut Patil dan Kim (2017), Abdelghany dkk. (2018), dan Chouhan (2018), nanopartikel memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

1. ukuran sangat kecil: yakni 1–100 nm, sehingga memungkinkan nanopartikel untuk menembus jaringan yang lebih kecil dan masuk ke dalam sel. Hal ini memungkinkan penggunaan nanopartikel dalam berbagai aplikasi biomedis, seperti *drug delivery* ke sel-sel spesifik dalam tubuh.
2. luas permukaan: karena ukurannya yang sangat kecil, nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dibandingkan dengan material sejenis dalam ukuran besar. Hal ini memungkinkan interaksi yang lebih banyak dengan lingkungan sekitarnya, sehingga memperluas aplikasi nanopartikel dalam katalisis dan sensor.
3. sifat khusus: ukuran nanopartikel memengaruhi sifat-sifat fisik dan kimianya, sehingga nanopartikel dapat menunjukkan sifat-sifat khusus seperti konduktivitas listrik, magnetik, dan optik yang berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar.
4. aplikasi yang luas: karena sifat-sifatnya yang unik, nanopartikel digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk bidang biomedis, elektronik, optik, dan katalisis.
5. potensi untuk revolusi industri: karena keunggulannya dalam sifat fisik dan kimia, nanopartikel dapat menjadi pendorong untuk revolusi dalam teknologi dan industri, seperti nanoteknologi untuk energi terbarukan dan nanoteknologi untuk perangkat elektronik yang lebih kecil dan lebih canggih.

Saat ini di bagian kimia material, nanopartikel logam menjadi pilihan yang menarik karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan nanopartikel lain. Nanopartikel logam memiliki konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, sifat optik yang unik, sifat katalitik yang kuat, dan kestabilan kimia sehingga berguna dalam aplikasi seperti elektronik dan optoelektronik, pencitraan medis dan pengolahan citra, produksi bahan kimia atau pengolahan limbah, serta pembuatan bahan komposit atau dalam aplikasi medis (Jamkhande dkk., 2019; Shah dkk., 2021).

2.3 Nanopartikel Perak

Perak adalah unsur kimia yang memiliki lambang Ag, nomor atom 47, dan golongan 11 (IB) periode 5 pada tabel periodik. Unsur ini merupakan logam transisi putih berkilau, memiliki konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, memiliki sifat antimikroba, tidak mudah rusak, dan merupakan salah satu logam mulia sehingga berguna sebagai bahan perhiasan, keperluan industri, uang logam, untuk keperluan kesehatan, alat-alat makan, dan investasi (Butterman dan Hilliard, 2005; Keat dkk., 2015). Kehadiran nanoteknologi telah membuat dampak yang luar biasa dengan mengubah logam perak menjadi nanopartikel perak dan dengan memahami sifat-sifatnya, nanopartikel perak dapat digunakan untuk aplikasi yang lebih baik (Shanmuganathan dkk., 2019).

Nanopartikel perak merupakan salah satu nanopartikel logam yang banyak dikembangkan karena sifat fisik, kimia, dan biologinya yang unik dan menarik jika dibandingkan dengan skala makronya. Sifat fisik seperti ukuran nanopartikel perak yang sangat kecil sehingga memberikan sifat khusus seperti peningkatan luas permukaan dan sifat optik yang unik. Sifat kimia seperti reaktivitas dan stabilitas, luas permukaan pada nanopartikel perak memungkinkan untuk bereaksi dengan berbagai senyawa kimia sehingga memiliki sifat reaktivitas yang tinggi dan nanopartikel perak lebih stabil secara kimia dan memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan korosi yang lebih baik. Sifat biologi seperti antimikroba, nanopartikel perak memiliki sifat antimikroba yang lebih kuat dibandingkan dengan skala makronya sehingga dapat digunakan untuk aplikasi medis (Syafiuddin dkk., 2017; Shanmuganathan dkk., 2019). Nanopartikel perak juga memiliki kelebihan dibandingkan nanopartikel logam lain seperti memiliki daya hantar listrik tinggi, efektivitas antimikroba kuat, harga yang lebih murah dibandingkan emas dan platinum, stabilitas kimia yang baik, dan kemampuan katalitik yang baik (Chouhan, 2018; Reddy dkk., 2021). Berdasarkan sifat-sifat unik tersebut, nanopartikel perak memberikan potensi untuk aplikasi di berbagai bidang, seperti sensor, tekstil, makanan, elektronik, obat-obatan, pertanian, dan keamanan lingkungan (Yaqoob dkk., 2020).

Salah satu aplikasi potensial dari nanopartikel perak adalah sensor elektrokimia yang telah banyak dikembangkan untuk mendeteksi berbagai macam senyawa dan biomolekul, seperti glukosa, asam urat, dan lain sebagainya. Penggunaan nanopartikel perak pada sensor elektrokimia karena nanopartikel perak memiliki karakteristik seperti ukuran yang sangat kecil sehingga luas permukaannya besar, kemampuan elektrokatalitik yang baik, dan konduktor yang baik (Riyanto dan Laksono dkk., 2017; Prajapati dkk., 2020; Tan dkk., 2020).

2.4 Sintesis Nanopartikel Perak

Secara garis besar, sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan pendekatan *top-down* dan pendekatan *bottom-up*. Pendekatan *top-down* adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel nanometer sedangkan pendekatan *bottom-up* adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembly membentuk partikel berukuran nanometer (Bayda dkk., 2020; Khan dkk., 2020). Rafique dkk. (2017) telah merangkum teknik-teknik pendekatan *top-down* dan pendekatan *bottom-up* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Teknik-teknik yang digunakan untuk sintesis nanopartikel

| Sintesis nanopartikel | | |
|---|--|--|
| Pendekatan <i>top-down</i> Metode fisika | Pendekatan <i>bottom-up</i> | |
| | Metode kimia | Metode biologi |
| <ul style="list-style-type: none"> • <i>pulsed laser ablation</i> • evaporasi-kondensasi • <i>arc discharge</i> • <i>spray pyrolysis</i> • <i>ball milling</i> • fase uap dan gas • <i>pulse wire discharge</i> • litografi | <ul style="list-style-type: none"> • reduksi kimia • sonokimia • mikroemulsi • fotokimia • elektrokimia • pirolisis • <i>microwave</i> • <i>solvothermal</i> • <i>coprecipitation</i> | <ul style="list-style-type: none"> • menggunakan bakteri • menggunakan jamur • menggunakan tumbuhan dan ekstraknya • menggunakan yeast • menggunakan enzim dan biomolekul • menggunakan mikroorganisme |

Tabel 1 menunjukkan bahwa ada tiga metode dalam sintesis nanopartikel yaitu metode fisika, kimia, dan biologi. Metode yang paling umum dan dilaporkan secara luas adalah reduksi kimia (metode kimia), karena salah satu keuntungan terbesar dari metode ini adalah dapat menghasilkan nanopartikel dengan kuantitas yang tinggi dalam waktu singkat. Namun, bahan kimia yang digunakan bersifat racun dan memicu produk samping yang tidak ramah lingkungan. Metode fisika biasanya cepat, tidak melibatkan bahan kimia beracun, dan membentuk distribusi ukuran yang baik dari nanopartikel perak yang disintesis. Namun, kelemahan dari metode ini adalah konsumsi energi yang tinggi yang dibutuhkan selama proses sintesis (de Souza dkk., 2019; Yaqoob dkk., 2020). Metode biologi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode kimia dan fisika karena metodenya ramah lingkungan, lebih mudah dilakukan, prosesnya lebih sederhana, hemat biaya, dan tidak memerlukan kondisi ekstrim seperti suhu/tekanan tinggi atau bahan kimia beracun (Jamkhande dkk., 2019). Vishwanath dan Negi (2021) telah merangkum beberapa perbandingan dari ketiga metode sintesis nanopartikel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan metode sintesis nanopartikel

| Faktor-faktor | Metode sintesis nanopartikel | | |
|-------------------------------------|--|--|---|
| | Fisika | Kimia | Biologi |
| Energi | energi tidak efisien, membutuhkan kondisi panas dan tekanan tinggi | mungkin hemat energi atau tidak efisien, bergantung pada reaktan yang dipilih dan kondisi yang diperlukan untuk sintesis | hemat energi, karena reaksi terjadi pada suhu dan tekanan ringan |
| Biaya produksi | tinggi, beberapa jenis peralatan yang diperlukan mahal | mungkin tinggi, bergantung jenis metode kimia yang digunakan | rendah |
| Pelarut yang digunakan | biasanya, reaksi terjadi dalam media bebas pelarut | pelarut yang digunakan beracun bagi kesehatan manusia dan lingkungan | reaksi berlangsung dalam lingkungan bebas pelarut atau aman, pelarut beracun tidak digunakan |
| Karakteristik nanopartikel | nanopartikel yang disintesis stabil, dengan bentuk dan ukuran yang seragam | nanopartikel perak yang disintesis memiliki bentuk, ukuran, dan stabil | nanopartikel yang disintesis stabil, dengan bentuk dan ukuran yang seragam |
| Keamanan | sangat aman untuk aplikasi di bidang farmasi dan biomedis | mungkin tidak aman untuk penggunaan farmasi, karena adanya zat kimia <i>capping</i> beracun pada nanopartikel | aman diterapkan pada bidang farmasi dan biomedis |
| Limbah yang dihasilkan | rendah | tinggi | sangat rendah |
| Kelayakan produksi skala besar | dapat digunakan untuk produksi nanopartikel perak dalam skala besar | dapat digunakan untuk produksi nanopartikel perak dalam skala besar | masih perlu dilakukan penelitian dan pengembangan untuk digunakan dalam produksi nanopartikel perak dalam skala besar |
| Kemungkinan kecelakaan | kemungkinan tinggi | kemungkinan tinggi | kemungkinan rendah atau lebih sedikit kecelakaan yang mungkin terjadi |
| Tingkat <i>greenest</i> (kehijauan) | cukup <i>green</i> | tidak <i>green</i> | sangat <i>green</i> |

Sintesis nanopartikel perak dengan metode biologi merupakan metode alternatif yang telah dikembangkan dan ramah lingkungan dibandingkan metode kimia dan fisika. Metode ini prinsipnya sama dengan metode kimia yaitu memerlukan tiga bahan utama: garam perak, agen pereduksi atau reduktor, dan *capping agent* atau penstabil. Metode biologi dilakukan dengan memanfaatkan sumber alami seperti ekstrak tumbuhan, mikroorganisme, jamur, dan alga.

Kandungan senyawa aktif seperti flavonoid, tanin, asam askorbat, polisakarida, terpenoid dalam sumber alami tersebut berfungsi sebagai reduktor atau bioreduktor dan penstabil alami dalam proses sintesis nanopartikel perak (Syafiuddin dkk., 2017; Rafique dkk., 2018).

Vanlalveni dkk. (2021) melaporkan bahwa berdasarkan *SciFinder Database* per September 2020 menggunakan kata kunci "*Biological synthesis of silver nanoparticles*", dari 259 publikasi pada tahun 2001 meningkat secara eksponensial menjadi 3374 publikasi pada tahun 2019. Hal tersebut merupakan upaya yang dilakukan para peneliti untuk mengeksplorasi sumber daya alam untuk mensintesis nanopartikel perak. Menurut Abdelghany dkk. (2018); Alabdallah dan Hasan (2021); Gundo dkk. (2021), pemanfaatan tumbuhan dalam sintesis nanopartikel perak dengan metode biologi mendapatkan lebih banyak popularitas karena protokolnya yang cepat, ramah lingkungan, non-patogen, ekonomis, dan lebih menguntungkan daripada menggunakan mikroorganisme yang membutuhkan metode mahal untuk mempertahankan kultur mikroba dan lebih banyak waktu untuk sintesis.

2.5 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Ekstrak Tumbuhan

Bagian-bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji telah berhasil digunakan dalam sintesis nanopartikel perak dapat dilihat pada Tabel 3. Menurut Ijaz dkk. (2020), tumbuhan memiliki keuntungan karena tersedia dan aman digunakan, serta memiliki berbagai macam senyawa aktif yaitu senyawa organik seperti enzim, protein, dan karbohidrat, ataupun metabolit sekunder seperti asam fenolik, flavonoid, terpenoid, dan alkaloid yang dapat membantu dalam mereduksi ion perak dan adanya penstabil alami dalam proses sintesis nanopartikel perak.

Tabel 3. Sintesis nanopartikel perak oleh peneliti yang berbeda dengan menggunakan ekstrak tumbuhan

| Referensi | Tumbuhan | Bagian tumbuhan | Ukuran partikel (nm) | Aplikasi |
|----------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| Armah, 2014 | <i>Abelmoschus manihot</i> | daun | 97,62 | sensor glukosa |
| La Tapa dkk., 2016 | <i>Arenga microcarpha</i> | empulur batang | 10,59–50,07 | antioksidan |
| Mehta dkk., 2017 | <i>Santalum album</i> | buah | 20 | - |
| Choudhary dkk., 2018 | <i>Cuminum cyminum</i> | biji | 10–30 | katalis |

Lanjutan Tabel 3.

| | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|---|
| Singh dan Dhaliwal, 2018 | <i>Nepeta leucophylla</i> | akar | 3,25–17,26 | antioksidan |
| Wahab dkk., 2018 | <i>Muntingia calabura</i> | daun | 97,04 | sensor glukosa |
| Fatimah, 2019 | <i>Pluchea indica</i> | daun | 109,1 | sensor asam urat |
| Ismail dkk., 2019 | <i>Medicago polymorpha</i> | daun | 25–33 | antibakteri, antioksidan, dan katalis |
| Maarebia, 2019 | <i>Myrmecodia pendans</i> | umbi | 76,1 | sensor glukosa |
| Patabang dkk., 2019 | <i>Panium edule</i> | daun | 93,2 | antioksidan |
| Rautela dkk., 2019 | <i>Tectona grandis</i> | biji | 10–30 | antimikroba |
| Rousta dan Ghasemi, 2019 | <i>Artemisia sieberi</i> | daun | 20 | - |
| Shahid-ul-Islam dkk., 2019 | <i>Punica granatum</i> | kulit buah | 20–50 | antioksidan dan antimikroba |
| Irwan dkk., 2020 | <i>Garcinia mangostana</i> | kulit buah | 30,36 | deteksi melamin |
| Jebriil dkk., 2020 | <i>Melia azedarach</i> | daun | 21 | antijamur |
| Kanniah dkk., 2020 | <i>Aerva lanata</i> | bunga | 90 | sitotoksisitas, antibakteri, dan fotokatalis |
| Khalir dkk., 2020 | <i>Entada spiralis</i> | batang | 18,49±4,23 | antibakteri |
| Mahiuddin dkk., 2020 | <i>Piper chaba</i> | batang | 26 | katalis |
| Sharifi-Rad dkk., 2020 | <i>Astragalus tribuloides</i> | akar | 34,2 | antioksidan, antibakteri, dan anti-inflamasi |
| Ahmed dkk., 2021 | <i>Dianella tasmanica</i> | daun | 70±10 | antimikroba dan sensor nitrofurazon |
| Anandalakshmi, 2021 | <i>Chenopodium album</i> | daun | 28 | antibakteri |
| Jin dkk., 2021 | <i>Paeonia lactiflora</i> | bunga | 58,26 | sitotoksisitas dan aktibakteri |
| Lotfollazadeh dkk., 2021 | <i>Oenothera biennis</i> | bunga dan daun | 9,25 | antibakteri dan adsorpsi amoksisilin |
| Mortazavi-Derazkola dkk., 2021 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | kulit batang | 65–90 | antibakteri |
| Peron dkk., 2021 | <i>Rosa damascena</i> | bunga | 8,6–49,7 | antimikroba, antioksidan, dan antiglikasi |
| Reddy dkk., 2021 | <i>Perilla frutescens</i> | daun | 20–50 | antibakteri, antioksidan, dan antikanker |
| Roddu, 2021 | <i>Abelmoschus esculentus</i> | daun | 89,5 | sensor glukosa |
| Shah dkk., 2021 | <i>Dodonaea viscosa</i> | batang | 60 | antimikroba dan katalis |
| Swapna dan Rao, 2021 | <i>Cordia dichotoma</i> | kulit batang | 39,8 | antioksidan dan antibakteri |
| Khanal dkk., 2022 | <i>Rubus ellipticus</i> | akar | 13,85–34,30 | antioksidan dan antibakteri |
| Kiani dkk., 2022 | <i>Sophora pachycarpa</i> | akar | 36 | antibakteri, antijamur, antioksidan, antitumor, dan fotokatalis |
| Rakib-Uz-Zaman dkk., 2022 | <i>Cymbopogon citratus</i> | daun | 47 | antibakteri |

Mekanisme dasar pembentukan nanopartikel perak dengan ekstrak tumbuhan meliputi tiga fase. Fase pertama merupakan fase aktivasi yaitu terjadi proses reduksi ion perak dan nukleasi dari atom perak yang telah tereduksi. Fase ini melibatkan bioreduktor yang diperoleh dari ekstrak tumbuhan. Fase kedua adalah fase pertumbuhan yaitu nanopartikel saling berdekatan berkumpul secara spontan menjadi partikel yang lebih besar. Fase ini melibatkan peningkatan dalam stabilitas termodinamik dari nanopartikel yang terbentuk. Fase yang terakhir adalah fase terminasi yang menentukan bentuk akhir dari nanopartikel. Tahap ini dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak tumbuhan untuk menstabilkan nanopartikel perak (Makarov dkk., 2004; Yusof dkk., 2018; Reddy dkk., 2021). Menurut La Tapa dkk. (2016), ketika berada dalam bentuk ionnya, Ag^+ akan saling tolak menolak karena pengaruh muatan sejenis, namun setelah direduksi menjadi Ag^0 maka muatan atom Ag menjadi netral sehingga memungkinkan atom Ag untuk saling mendekat dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan logam membentuk kluster yang berukuran nano.

Karakterisasi nanopartikel perak sangat penting untuk memahami dan mengontrol sintesis dan aplikasi nanopartikel. Karakterisasi perubahan warna larutan reaksi merupakan indikasi kualitatif pertama untuk pembentukan nanopartikel perak (Rautela dkk., 2019). Fenomena perubahan warna ini kemudian dikonfirmasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan beberapa instrumen lain yang sering digunakan untuk karakterisasi nanopartikel perak yaitu PSA, XRD, dan SEM-EDS. Spektrofotometer UV-Vis untuk mengonfirmasi pembentukan nanopartikel perak berdasarkan karakteristik spesifik pita serapan khas nanopartikel perak yaitu munculnya puncak absorbansi pada panjang gelombang 400–450 nm (Patil dan Kim, 2017). PSA untuk menentukan distribusi ukuran nanopartikel perak (Swapna dan Rao, 2021). XRD untuk mengidentifikasi karakteristik dan estimasi ukuran kristal nanopartikel perak (Sharifi-Rad dkk., 2020). SEM-EDS untuk melihat morfologi struktur permukaan dan komposisi unsur nanopartikel perak (Shahid-ul-Islam dkk., 2019).

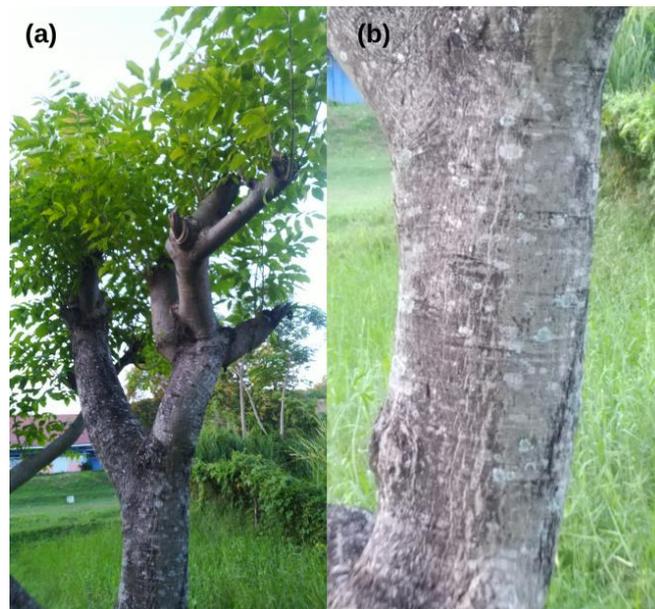
2.6 Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*)

Kayu jawa adalah pohon tropis gugur yang tersebar luas di India dan beberapa negara tropis lainnya. Kayu jawa memiliki nama ilmiah *Lannea coromandelica* dengan sinonim *Dialium coromandelicum*, *Haberlia grandis*, dan *Lannea grandis*, dikenal di berbagai negara dengan nama pohon *ash india* (India), *jiga* (Bangladesh), *halonre* (Nepal), *baing* (Myanmar), dan *jaibhadi* (Pakistan) (Wahid, 2009). Kayu jawa dikenal di berbagai daerah di Indonesia dengan nama

lokal yang berbeda-beda, seperti *kedondong pagar* (Aceh); *pohon kudo, jaranan, ki kuda, kedondong laki* (Jawa); *pohon reo* (Flores); *banten* (Lombok); *kayu china, aju jawa, aju tammate* (Sulawesi Selatan) (Husain dkk., 2019).

Menurut Gunjal dkk. (2021), klasifikasi kayu jawa adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Magnoliophyta
 Class : Spermatophyta
 Ordo : Sapindales
 Familia : Anacardiaceae
 Genus : *Lannea*
 Spesies : *Lannea coromandelica*



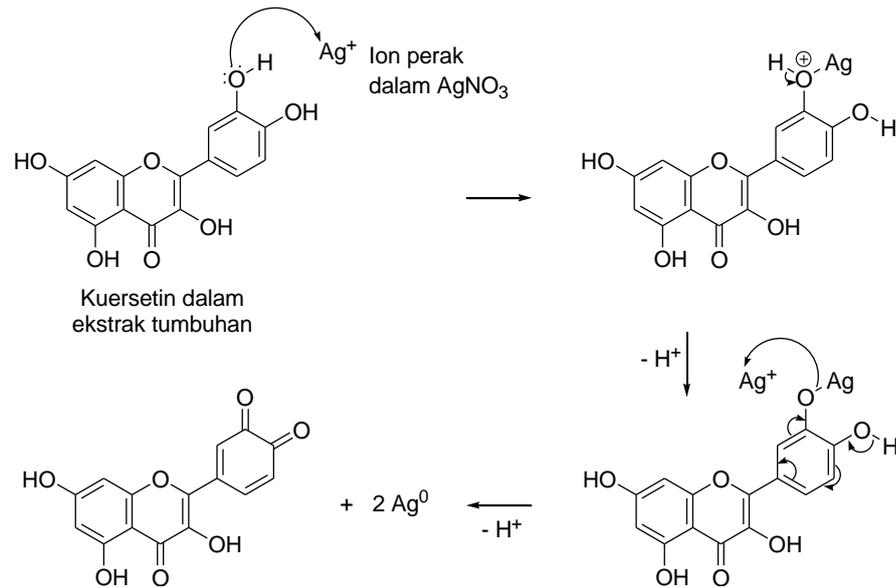
Gambar 1. (a) Tumbuhan kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dan (b) batang

Gambar 1 merupakan tumbuhan dari famili Anacardiaceae yang dapat tumbuh mencapai 25 m (umumnya 10–20 m). Akar pada kayu jawa berbentuk akar tunggang. Pada permukaan batangnya berwarna abu-abu sampai coklat tua, kasar, dan ada pengelupasan serpihan kecil yang tidak teratur. Batang bagian dalam berserat berwarna merah atau merah muda gelap, dan memiliki eksudat yang bergetah. Bentuk daun pada kayu jawa berbentuk lanset, bagian atas berwarna hijau tua dan bagian bawah berwarna hijau muda. Susunan daun majemuk menyirip ganjil dengan jumlah anak daun 5–13 helai. Bunga berkelamin tunggal berwarna hijau kekuningan. Buah berbiji dengan panjang 12 mm, bulat telur, kemerahan, dan agak keras, tetapi bunga dan buah jarang ditemukan (Pavithra dan Mani, 2018).

Masyarakat suku Bugis mengenal kayu jawa sebagai *aju tammate* yang memiliki arti tidak mati, karena sifatnya yang mudah sekali tumbuh, sekalipun pada musim kemarau. Biasanya masyarakat menggunakan kayu jawa sebagai tumbuhan pagar dan makanan ternak, namun ternyata memiliki banyak manfaat (Mu'nisa dkk., 2019). Secara tradisional, bagian-bagian tumbuhan ini telah digunakan sebagai obat berbagai penyakit. Kulit batangnya digunakan oleh masyarakat suku Garo, Pahan, dan Teli di Bangladesh untuk mengobati hepatitis, diabetes, maag, penyakit jantung, dan disentri (Rahamtullah dkk., 2012). Jus daun diminum untuk meredakan bisul dan nyeri (Zheng dan Xing, 2009), sedangkan getah buahnya untuk mengobati pilek dan batuk (Mulaudzi dkk., 2012). Kulit batangnya digunakan untuk asam urat, dispepsia, disentri (Kadir dkk., 2013), erupsi kulit, bisul, sakit gigi (Imam dan Moniruzzaman, 2014), asma, dan kolesterol (Husain dkk., 2019). Berdasarkan kegunaan tradisional tersebut, para peneliti mempelajari validitas penggunaannya dalam berbagai penyakit, seperti daun memiliki aktivitas antidiare (Kaur dkk., 2012), antioksidan (Kumar dan Jain, 2015), dan antinospasmodik (Egbe dkk., 2015) dan kulit batang memiliki aktivitas antibakteri (Syamsurya dkk., 2016), antimikroba, antioksidan, antikanker (Hossain dkk., 2018), antidiabetes (Islam dkk., 2018), penyembuhan luka (Calsum dkk., 2018), dan antiplasmodium (Tahir dkk., 2020).

Kaur dkk. (2012) dan Das (2014) melaporkan hasil uji fitokimia ekstrak air kulit batang kayu jawa memiliki kandungan metabolit sekunder antara lain flavonoid, fenol, terpenoid, alkaloid, saponin, steroid, dan tanin. Rajesh (2021) melaporkan kandungan fenolik dan flavonoid total dari ekstrak air kulit batang kayu jawa adalah $45,51 \pm 0,25$ mgGAE/g dan $17,51 \pm 0,25$ mgQE/g. Senyawa fenolik merupakan senyawa yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat cincin aromatik. Kelompok terbesar dari senyawa fenolik adalah flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan dan berpotensi sebagai bioreduktor (Dhurhania dan Novianto, 2018). Yun dkk. (2014) melaporkan ekstrak kulit batang kayu jawa mengandung flavonoid dalam bentuk kuersetin.

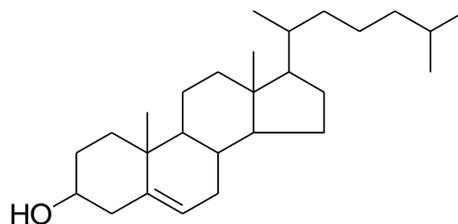
Senyawa kuersetin dalam ekstrak daun *Ocimum sanctum* (Jain dan Mehata, 2017) dan ekstrak umbi *Myrmecodia pendans* (Maarebia, 2019) dilaporkan bertindak sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Kedua penelitian tersebut membandingkan sintesis nanopartikel perak menggunakan flavonoid murni yaitu kuersetin dan hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kuersetin bertanggung jawab dalam mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak. Prediksi mekanisme yang terlibat dalam pembentukan nanopartikel perak dengan senyawa kuersetin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prediksi mekanisme yang terlibat dalam reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak oleh senyawa kuersetin (Aziz dkk., 2019)

2.7 Kolesterol dan Kesehatan Manusia

Kolesterol merupakan senyawa lemak yang memiliki peran penting untuk tubuh manusia. Pada prinsipnya kolesterol dibutuhkan tubuh untuk proses pembentukan dinding sel dalam tubuh, pembentukan hormon steroid, pembentukan vitamin D, serta untuk bahan membuat hormon-hormon seks dan hormon kortikosteroid. Sekitar 70% kolesterol diproduksi di hati dan sisanya berasal dari asupan makanan (Zampelas dan Magriplis, 2019; Derina dkk., 2020). Struktur kolesterol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur kolesterol ($\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$) (Li dkk., 2019)

Kolesterol merupakan senyawa lemak dan tidak dapat larut dalam darah, sehingga kolesterol harus berikatan dengan suatu zat protein yang disebut lipoprotein. Ada tiga jenis utama lipoprotein yaitu *Low Density Lipoprotein* (LDL), *High Density Lipoprotein* (HDL), dan *Triglycerides* (TG) (Narwal dkk., 2019). LDL adalah lipoprotein dengan kepadatan rendah, yang bertugas untuk

mengangkut kolesterol dari organ hati ke sel-sel yang membutuhkan. LDL sering disebut kolesterol jahat, karena dapat berperan dalam penumpukan atau deposit lemak di pembuluh darah. HDL adalah lipoprotein dengan kepadatan tinggi, disebut kolesterol baik, yang bertugas untuk mengangkut kolesterol kembali ke organ hati untuk dihancurkan atau dikeluarkan oleh tubuh melalui kotoran (Amiri dan Arshi, 2020). Sedangkan TG adalah jenis lemak yang paling umum yang ada di tubuh, yang bertugas menyimpan lemak berlebih dari makanan yang dikonsumsi (Pundir dan Narwal, 2018). Ahmadraji dan Killard (2013) telah merangkum tingkat kolesterol total, LDL, dan HDL pada manusia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rentang kolesterol total, LDL, dan HDL pada manusia

| Analit | Konsentrasi (mg/dL) | Klasifikasi |
|------------------|----------------------------|------------------------------|
| Kolesterol total | <200 | <i>Desirable</i> |
| | 200–239 | <i>Borderline high</i> |
| | ≥240 | <i>High</i> |
| LDL | <100 | <i>Optimal</i> |
| | 100–129 | <i>Near or above optimal</i> |
| | 130–159 | <i>Borderline high</i> |
| | 160–189 | <i>High</i> |
| | ≥190 | <i>Very high</i> |
| HDL | <40 | <i>Low</i> |
| | ≥60 | <i>High</i> |

Tabel 4 menunjukkan bahwa tingkat kolesterol total yang baik adalah <200 mg/dL dan disebut tinggi bila kadarnya mencapai ≥240 mg/dL. Tingkat HDL yang normal dalam tubuh adalah 40 mg/dL atau lebih, semakin tinggi tingkat HDL (≥60 mg/dL) maka semakin baik untuk kesehatan karena HDL dapat membantu mengurangi risiko penyakit jantung. Tingkat LDL yang rendah atau yang dapat ditoleransi oleh tubuh adalah <100 mg/dL, LDL 100–129 mg/dL dapat dikatakan ambang batas toleransi dan jika melebihi jumlah tersebut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti ateroma, penyakit jantung, dan stroke. TG juga dapat meningkatkan risiko penyakit jantung, jadi semakin rendah tingkat TG (<150 mg/dL) semakin baik untuk kesehatan (Pundir dan Narwal, 2018; Amir dkk., 2019)

Kadar kolesterol total yang tinggi akan membentuk aterosklerosis yang dapat menyebabkan hipertensi dan penyumbatan pada pembuluh darah otak, jantung, dan pembuluh darah tungkai. Aterosklerosis merupakan suatu penyakit terbentuknya plak di dinding pembuluh arteri besar yang mengakibatkan

menyempitnya rongga pembuluh darah dan menurunkan elastisitas pembuluh darah tersebut. Penyumbatan pada pembuluh darah otak akan menyebabkan penyakit serebrovaskular seperti stroke. Penyumbatan pada pembuluh darah jantung dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular seperti jantung koroner. Sedangkan penyumbatan pembuluh darah tungkai menyebabkan penyakit pembuluh darah tepi yang sering terjadi pada kaki yang dapat menimbulkan keluhan nyeri, kram, dan gangren (Zampelas dan Magriplis, 2019; Anggraini dan Nabillah, 2018). Oleh karena itu, penentuan kadar kolesterol penting untuk diagnosis dan pencegahan berbagai penyakit tersebut. Ahmadraji dan Killard (2013) dan Li dkk. (2019) telah merangkum beberapa metode yang telah dikembangkan untuk penentuan kadar kolesterol dapat dilihat pada Tabel 5.

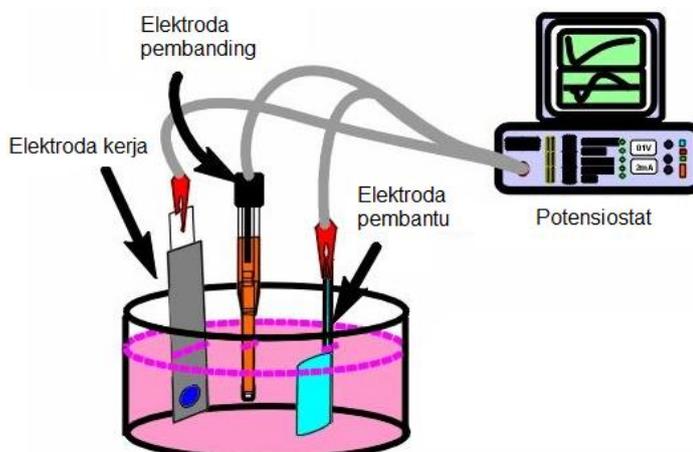
Tabel 5. Metode penentuan kadar kolesterol

| Metode | Karakteristik |
|--------------------------------|---|
| <i>Abell-Kendall</i> | Metode referensi standar untuk pengukuran kolesterol darah total. Metode kimia klasik <i>multi-step</i> , yang melibatkan saponifikasi ester kolesterol dengan hidoksida, ekstraksi dengan heksana, dan pengembangan warna dengan asam asetat anhidrida-sulfat. |
| Fluorometrik- uji enzimatik | Pengujian ini didasarkan pada reaksi gabungan enzim untuk menentukan kolesterol bebas dan ester kolesterol. Kolesterol teresterifikasi diubah menjadi kolesterol oleh kolesterol esterase. Kolesterol yang dihasilkan kemudian ditindaklanjuti oleh kolesterol oksidase untuk menghasilkan <i>cholest-4-en-3-one</i> dan hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida kemudian dideteksi menggunakan <i>fluorescence probe</i> yang sensitif dan stabil. |
| GC/GC-MS | Metode ini digunakan untuk penentuan kolesterol rutin. Metode ini digunakan untuk memisahkan kolesterol dari spesies pengganggu lainnya. Digunakan untuk penentuan kadar kolesterol bebas, teresterifikasi, dan total (berdasarkan sampel <i>pre-treatment</i>). Lebih akurat daripada metode kimia dan enzimatik. Persiapan sampel yang ekstensif (termasuk derivatisasi) analisis sebelumnya diperlukan. |
| GC-ID-MS | Metode referensi standar untuk pengukuran kolesterol darah total. Kolesterol berlabel isotop ditambahkan ke sampel dalam jumlah yang kira-kira sama dengan jumlah sebenarnya analit yang ada dalam sampel. Selain itu, dua campuran kalibrasi kolesterol yang diketahui dan konsentrasi kolesterol berlabel disiapkan. Kuantifikasi didasarkan pada penghitungan rasio area puncak yang sesuai dengan kolesterol yang tidak berlabel dan berlabel untuk sampel yang tidak diketahui dan membandingkannya dengan rasio yang dihitung untuk campuran kalibrasi. |
| LC/LC-MS | Metode ini digunakan untuk penentuan kolesterol rutin. Sama halnya dengan GC, digunakan untuk memisahkan kolesterol dari spesies pengganggu lainnya. Dapat digunakan untuk penentuan kadar kolesterol bebas, teresterifikasi, dan total (berdasarkan sampel <i>pre-treatment</i>). Lebih akurat daripada metode kimia dan enzimatik. Diperlukan persiapan sampel yang ekstensif sebelum analisis. |

2.8 Metode Voltametri

Aplikasi penggunaan sensor telah mengalami banyak perkembangan. Secara umum, sensor adalah suatu perangkat yang dapat mendeteksi atau merespons fenomena fisika atau kimia dan menghasilkan sinyal yang dapat diukur atau diubah menjadi sinyal listrik atau sinyal lainnya. Sensor berfungsi untuk mengubah sinyal-sinyal fisik atau kimia menjadi bentuk sinyal yang dapat diproses oleh perangkat elektronik atau komputer (Patel dkk., 2020).

Sensor elektrokimia adalah salah satu jenis sensor kimia yaitu sensor yang prinsip kerjanya didasarkan pada reaksi elektrokimia. Voltametri adalah salah satu jenis sensor elektrokimia yang mengamati kerja pada kurva arus-potensial. Metode voltametri digunakan untuk menganalisis analit berdasarkan pengukuran arus sebagai fungsi potensial (Rezaei dan Irannehad, 2019). Ilustrasi skema sel elektrokimia dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema sel elektrokimia (Brandt dkk., 2008)

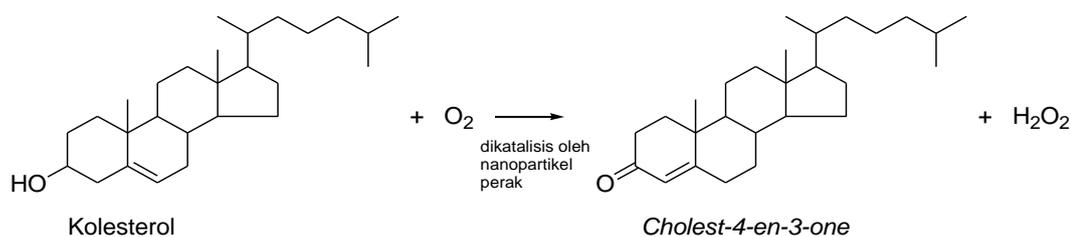
Gambar 4 menunjukkan sel elektrokimia menggunakan sistem tiga elektroda, yaitu elektroda kerja, elektroda pembanding, dan elektroda pembantu. Ketiga elektroda tersebut dicelupkan ke dalam sel elektrokimia yang berisi analit. Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi reduksi dari analit. Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya diketahui dan stabil. Elektroda pembantu yaitu elektroda yang digunakan untuk mengalirkan arus antara elektroda kerja dan elektroda pembanding, sehingga arus dapat diukur (Doria dkk., 2012; Malekzad dkk., 2016).

Beberapa tahun terakhir, metode voltametri telah digunakan dan dikembangkan untuk menentukan konsentrasi suatu zat di dalam serum darah seperti glukosa, asam urat, urea, dan lain-lain. Beberapa keunggulan metode

voltametri yaitu tidak memerlukan pelarut organik dengan kemurnian tinggi seperti yang diperlukan dalam metode kromatografi dan spektrofotometri, sehingga biaya analisis lebih ekonomis, dan peralatan yang digunakan lebih praktis dan mudah dilakukan (Riyanto dan Laksono, 2017; Derina dkk., 2020). Keunggulan tersebut menjadi dasar pengembangan metode analisis kolesterol dengan metode voltametri.

Salah satu pengembangan metode voltametri yaitu memodifikasi elektroda kerja dengan nanopartikel perak. Armah (2014), Wahab dkk. (2018), Maarebia (2019), dan Roddu (2021) telah memodifikasi elektroda kerja dengan nanopartikel perak sebagai sensor untuk mengukur kadar glukosa serta Fatimah (2019) untuk mengukur kadar asam urat dan hasil penelitian menunjukkan modifikasi nanopartikel perak meningkatkan kinerja sensor.

Menurut Derina dkk. (2017) dan Maarebia (2019) penggunaan nanopartikel perak dalam penentuan kadar kolesterol menggunakan metode voltametri bertindak sebagai katalis dan *platform* mobilisasi. Nanopartikel perak mengkatalisis oksidasi kolesterol untuk membentuk *cholest-4-en-3-one* dan peroksida dan reaksi ini berlangsung dalam kondisi aerob sehingga oksigen diperlukan untuk mengoksidasi kolesterol seperti Gambar 5. Han dkk. (2022) juga melaporkan bahwa penggunaan nanopartikel meningkatkan elektrokatalitik yang dimiliki sensor sehingga memengaruhi kecepatan transfer elektron dan arus yang dihasilkan dalam mendeteksi kolesterol.



Gambar 5. Reaksi oksidasi kolesterol menjadi *cholest-4-en-3-one* (Wang dkk., 2008; Lo dkk., 2015)

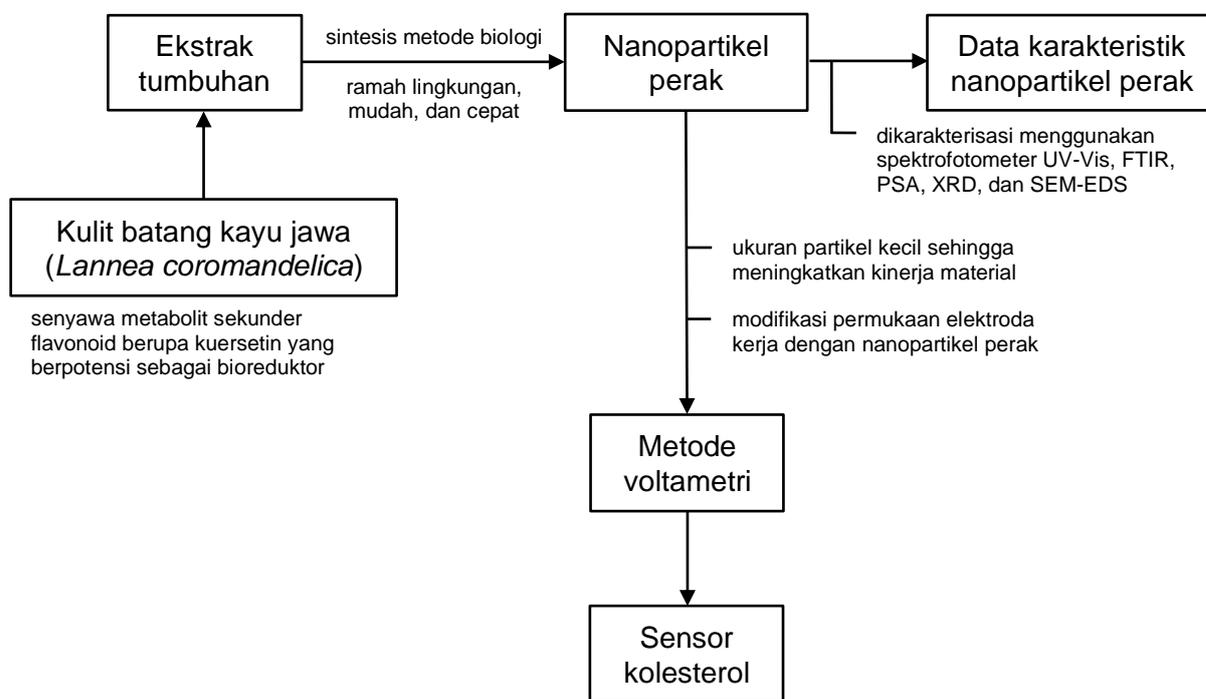
2.9 Kerangka Pikir dan Hipotesis Penelitian

2.9.1 Kerangka Pikir Penelitian

Pemanfaatan ekstrak tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah dan biji dalam metode biologi sintesis nanopartikel perak memiliki keunggulan karena protokolnya yang cepat, ramah lingkungan, ekonomis, tersedia dan aman digunakan, serta memiliki berbagai macam senyawa aktif yang dapat membantu

dalam mereduksi ion perak dan adanya penstabil alami. Salah satu tumbuhan yang diduga berpotensi sebagai bioreduktor adalah kayu jawa (*Lannea coromandelica*). Adanya kandungan senyawa metabolit sekunder flavonoid seperti kuersetin dalam ekstrak kulit batang kayu jawa dilaporkan dapat digunakan sebagai bioreduktor yaitu mereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 dalam sintesis nanopartikel perak.

Nanopartikel perak yang dihasilkan akan diaplikasikan sebagai sensor kolesterol darah dengan memodifikasi permukaan elektroda kerja dengan nanopartikel perak untuk menentukan kadar kolesterol darah menggunakan metode voltametri. Modifikasi permukaan elektroda kerja ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja material yaitu meningkatkan transfer elektron dan memengaruhi arus yang dihasilkan dalam mendeteksi kolesterol.



Gambar 6. Diagram kerangka pikir penelitian

2.9.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode biologi menggunakan ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai bioreduktor;
2. nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) memenuhi kriteria sebagai nanopartikel;
3. nanopartikel perak dapat digunakan sebagai sensor kolesterol darah.