

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromadelica*)
SEBAGAI BAHAN APLIKASI SENSOR KOLESTEROL DARAH**

*SYNTHESIS OF GOLD NANOPARTICLES USING BIOREDUCTOR
EXTRACTS OF KAYU JAWA (*Lannea coromadelica*) BARK AS
MATERIALS FOR APPLICATIONS OF BLOOD CHOLESTEROL
SENSOR*

TRIANA FEBRIANTI

H012191005



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

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromadelica*)
SEBAGAI BAHAN APLIKASI SENSOR KOLESTEROL DARAH**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh

TRIANA FEBRIANTI
H012191005

Kepada

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

TESIS

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK KULIT BATANG KAYU JAWA (*Lannea coromandelica*)
SEBAGAI BAHAN APLIKASI SENSOR KOLESTEROL DARAH**

TRIANA FEBRIANTI

NIM: H012191005

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 15 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



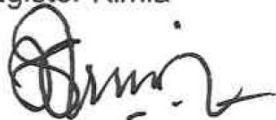
Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc.
NIP. 194908272019015001

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 KELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triana Febrianti
NIM : H012191005
Program Studi : Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai Bahan Aplikasi 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 apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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 *AIP Conference Proceeding* sebagai artikel dengan judul "*Biosynthesis and Characterization of Gold Nanoparticles using a Bioreductor of Lannea coromandelica Bark Extract*".

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

Makassar, 15 Maret 2023



Triana Febrianti
NIM: H012191005

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang senantiasa melimpahkan rahmat dan rezeki, serta memudahkan urusan para hamba-Nya, tak terkecuali kepada penulis. Shalawat dan salam tidak lupa dikirimkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam*, sebagai nabi yang menjadi teladan dan panutan terbaik sepanjang masa. *Alhamdulillah*, rasa syukur atas nikmat dan pertolongan Allah sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis yang berjudul "**Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromadelica*) sebagai Bahan Aplikasi Sensor Kolesterol Darah**" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Kimia Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Limpahan rasa hormat dan bakti penulis persembahkan kepada Ayahanda Madia, Ibunda Kamira, ketiga Anta' kami serta kepada kakak adikku yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta doa tulus yang mengiringi perjalanan ini dalam menuntut ilmu. *Syukran jazaakumullah khairan katsiran*, semoga Allah *Azza wa jalla* melimpahkan kemuliaan dan keridhoan kepada kita di dunia dan di akhirat.

Ungkapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc.** dan Bapak **Dr. Abdul Karim, M.Si.** selaku komisi penasehat yang telah memberikan ilmu, saran, nasihat, inspirasi, dan motivasi selama perkuliahan, penelitian hingga tahap penyusunan tesis ini. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada:

1. **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin dan **Dr. Eng Amiruddin, S.Si., M.Si.** selaku Dekan Fakultas MIPA yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh Pendidikan di Universitas Hasanuddin.
2. **Dr. Hasnah Natsir, M.Si.** selaku Ketua Program Studi, **Dr. St. Fauziah, M.Si.** dan **Dr. Nur Umriani Permatasari, S.Si., M.Si.** selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, serta seluruh Dosen yang senantiasa memberikan ilmu dan seluruh Staf Prodi Magister Kimia yang telah banyak membantu pengurusan administrasi.

3. **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, MS., Dr. Syahrudin Kasim, M.Si.** dan **Dr. St. Fauziah, M.Si.** selaku komisi penguji. Terima kasih atas bimbingan dan saran yang diberikan dalam penyusunan tesis ini.
4. Kepala Laboratorim Kimia Analitik **Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc.** (alm.) yang telah memberikan ilmu, dukungan dan nasihat kepada penulis. Semoga beliau mendapatkan tempat terbaik di sisi Allah.
5. Analis Laboratorium yakni **Pak Sugeng, Pak Iqbal, Ibu Tini, Kak Tanto,** terkhusus **Kak Fiby** yang menjadi teman diskusi dalam mencari solusi terkait kendala selama penelitian.
6. Rekan-rekan peneliti di Laboratorium Lantai Empat yakni **Itaa, Iin, Eka, Kak Sam, Vinny, Andin, Deny, Elfa, Eka Odja, Nunu, Kak Kolo, Kak Ida** dan **Kak Sarni.** Terima kasih atas kerja sama dan diskusi selama penelitian.
7. Sahabat seperjuangan Angkatan 2019 yakni **Kak Dias, Liki, Mba Wahid, Kak Fiby, Itaa, Maje, Musni, Iln, Kak Sam, Yommi, Andin, Kak Sari, Desi, Irma, Eka, Mae, Kak Git, Ridha Sholeha, Jaya Negara, Bahrun, Akbar, Sem, Putut** dan **Nurul.** Semoga persahabatan ini selalu terjalin sampai kapanpun.
8. Keluarga Green House dan Exact Family terkhusus **Satriani,** terima kasih telah memberikan semangat serta menjadikan penulis bagian dari keluarga dan atas semua keakraban yang terjalin selama ini.
9. **Pihak-pihak lain** yang tidak disebutkan satu per satu dan telah memberikan bantuan, dukungan serta do'a, terima kasih semoga Allah memberikan pahala atas kebaikannya.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini tidak luput dari kesalahan dan masih ada kekurangan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan penulisan terkait bidang ilmu kajian tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang material yaitu aplikasi nanopartikel sebagai sensor.

Makassar, 15 Maret 2023

Triana Febrianti

ABSTRAK

TRIANA FEBRIANTI. **Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromadelica*) sebagai Bahan Aplikasi Sensor Kolesterol Darah** (dibimbing oleh Abdul Wahid Wahab dan Abdul Karim).

Penelitian tentang sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dan didesain sebagai bahan sensor untuk mendeteksi kolesterol darah telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa dan mendesain sensor berbasis nanopartikel emas yang dapat digunakan untuk deteksi kolesterol menggunakan metode voltametri siklik. Hasil penelitian menunjukkan nanopartikel emas berhasil disintesis dengan munculnya puncak pada panjang gelombang 529,5 nm. Karakteristik nanopartikel emas yang dihasilkan dari sintesis menggunakan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) memiliki ukuran rata-rata partikel berdasarkan karakterisasi PSA yaitu 91,9 nm dengan indeks polidispersitas 0,515 dan memiliki bentuk yang tidak seragam dengan persentase massa Au yang cukup tinggi yaitu 91,86% berdasarkan karakterisasi SEM-EDS. Karakterisasi FTIR mengonfirmasi bahwa yang diduga berperan mereduksi ion emas menjadi nanopartikel adalah gugus hidroksil yang terkandung dalam ekstrak kulit batang kayu jawa. Berdasarkan karakterisasi XRD maka dihasilkan estimasi ukuran kristal dari perhitungan yaitu 49,1 nm dengan struktur kristal adalah FCC. Desain sensor kolesterol dibuat dari kawat emas yang dimodifikasi nanopartikel emas dan memiliki kisaran pengukuran 600 – 1400 ppm dengan $R^2 = 0,9887$, limit deteksi 1400 ppm dan sensitivitas $0,00059 \text{ mA.ppm}^{-1}.\text{mm}^{-2}$. Konsentrasi kolesterol dalam sampel darah adalah 1928,10 ppm atau 192,80 mg/dL.

Kata kunci: sintesis, nanopartikel emas, bioreduktor, *Lannea coromandelica*, voltametri siklik, sensor, kolesterol darah

ABSTRACT

TRIANA FEBRIANTI. **Synthesis of Gold Nanoparticles Using Bioreductor Extracts of Kayu Jawa (*Lannea coromadelica*) Bark as Materials for Applications of Blood Cholesterol Sensor** (supervised by Abdul Wahid Wahab and Abdul Karim).

Research on the synthesis of gold nanoparticles using a bioreductor extract from kayu jawa bark (*Lannea coromandelica*) and designed as materials a sensor to detect blood cholesterol has been carried out. This study aims to synthesize gold nanoparticles using Java bark extract and to design a sensor based on gold nanoparticles that can be used to detect cholesterol using the cyclic voltammetry method. The results showed that gold nanoparticles were successfully synthesized with a peak at a wavelength of 529.5 nm. The characteristics of the gold nanoparticles produced from synthesis using the bioreductor of Java bark extract (*Lannea coromandelica*) have an average particle size based on the PSA characterization of 91.9 nm with a polydispersity index of 0.515 and have a non-uniform shape with a fairly high percentage of Au mass, namely 91.86% based on SEM-EDS characterization. FTIR characterization confirms that the hydroxyl groups that are thought to play a role in reducing gold ions into nanoparticles are thought to be contained in the Java bark extract. Based on the XRD characterization, an estimated crystal size from the calculation is 49.1 nm with a crystal structure of FCC. The cholesterol sensor design is made from gold wire modified with gold nanoparticles and has a measurement range of 600 – 1400 ppm with $R^2 = 0.9887$, a detection limit of 1400 ppm and a sensitivity of $0.00059 \text{ mA.ppm}^{-1}.\text{mm}^{-2}$. The concentration of cholesterol in the blood sample was 1928.10 ppm or 192.80 mg/dL.

Kata kunci: synthesis, gold nanoparticles, bioreductor, *Lannea coromandelica*, cyclic voltammetry, sensor, blood cholesterol

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	.iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	.iiiv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vs
ABSTRAK.....	.vii
ABSTRACTviii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	.xii
DAFTAR LAMPIRANxiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATANxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nanopartikel	5
2.2. Nanopartikel Emas	6
2.3. Biosintesis Nanopartikel Emas	7
2.4. Kayu Jawa (<i>Lannea coromandelica</i>).....	9
2.5. Sensor	12
2.6. Kolesterol	14
2.7. Kerangka Pikir dan Hipotesis Penelitian	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3. Prosedur Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1. Sintesis Nanopartikel Emas.....	23

4.2.	Karakterisasi Nanopartikel Emas	28
4.3.	Aplikasi Nanopartikel Emas sebagai Sensor.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37
5.1.	Kesimpulan.....	37
5.2.	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....		38
LAMPIRAN		51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bioreduktor dari mikroba yang telah digunakan dalam sintesis nanopartikel emas.....	8
2. Hasil analisis kualitatif nanopartikel emas	30
3. Hasil pengukuran elektroda kerja	34
4. Hasil pengukuran kolesterol dalam sampel darah	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mekanisme pembentukan AuNP yang disintesis menggunakan ekstrak <i>Curcuma mangga</i> (Foo dkk., 2017)	9
2. Tumbuhan kayu jawa (<i>Lannea coromandelica</i>)	10
3. Perkiraan mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel emas oleh senyawa kuersetin	12
4. Skema sel biosensor elektrokimia (Soni dkk., 2018).....	12
5. Presentasi skematis dari sensor elektrokimia berdasarkan aktivitas NPAu dalam mendeteksi kolesterol	14
6. Struktur kolesterol	14
7. Kerangka pikir	17
8. Warna larutan dan spektrum UV-Vis dari H _{Au} Cl ₄ , ekstrak kulit Batang kayu jawa dan nanopartikel emas	23
9. Spektrum UV-Vis dari H _{Au} Cl ₄ , ekstrak kulit batang kayu jawa, dan nanopartikel emas	24
10. Koloid nanopartikel emas pada (a) variasi konsentrasi larutan H _{Au} Cl ₄ dan (b) volume ekstrak kulit batang kayu jawa.....	25
11. (a) Spektrum UV-Vis koloid nanopartikel emas dari variasi konsentrasi larutan H _{Au} Cl ₄ (b) Analisis pergeseran λ terhadap perubahan waktu.....	26
12. (a) Spektrum UV-Vis koloid nanopartikel emas dari volume bioreduktor (b) Analisis pergeseran λ terhadap perubahan waktu.....	27
13. Hasil pengukuran PSA pada nanopartikel emas.....	29
14. Morfologi nanopartikel emas pada perbesaran 3000x dan 10.000x	29
15. Spektrum infra merah dari ekstrak kulit batang kayu jawa (a) dan nanopartikel emas (b)	31
16. Difraktogram nanopartikel emas.....	32
17. Limit deteksi elektroda kerja modifikasi nanopartikel emas.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir penelitian.....	51
2. Bagan kerja pembuatan larutan H _{AuCl} ₄ 1000 ppm	52
3. Bagan kerja pembuatan larutan ekstrak kulit batang kayu jawa..	53
4. Bagan kerja sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas.....	54
5. Bagan kerja desain elektroda dan pengendapan nanopartikel emas	55
6. Bagan kerja pembuatan larutan standar kolesterol.....	56
7. Bagan kerja pengukuran larutan standar kolesterol dan sampel darah.....	57
8. Dokumentasi penelitian	58
9. Hasil analisis nanopartikel emas menggunakan spektrofotometer UV-Vis.....	60
10. Hasil karakterisasi nanopartikel emas menggunakan FTIR	61
11. Hasil karakterisasi nanopartikel emas menggunakan PSA.....	63
12. Hasil karakterisasi nanopartikel emas menggunakan XRD.....	64
13. Hasil karakterisasi nanopartikel emas menggunakan SEM	65
14. Perhitungan ukuran nanopartikel emas berdasarkan hasil karakterisasi XRD.....	66
15. Voltamogram hasil pengukuran larutan kolesterol standar menggunakan elektroda tanpa modifikasi nanopartikel pada alat potensiostat dengan metode voltametri siklik	67
16. Voltamogram hasil pengukuran larutan kolesterol standar menggunakan elektroda modifikasi nanopartikel pada alat potensiostat dengan metode voltametri siklik	68
17. Voltamogram hasil pengukuran sampel darah menggunakan elektroda modifikasi nanopartikel pada alat potensiostat dengan metode voltametri siklik	69
18. Perhitungan konsentrasi kolesterol dalam sampel darah.....	70

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan Keterangan
Au	<i>Aurum</i> (emas)
NPAu	Nanopartikel emas
nm	Nanometer
pH	Derajat keasaman
NPAu	Nanopartikel Emas
UV-Vis	<i>Ultraviolet-Visible</i>
SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
LSPR	<i>Localized Surface Plasmon Resonance</i>
FTIR	<i>Fourier transform Infrared</i>
PSA	<i>Particles Size Analyzer</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
LBL	<i>Layer by Layer</i> (lapis demi lapis)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular merupakan salah satu penyakit yang sudah menjadi masalah kesehatan di dunia. Penyakit kardiovaskuler menempati peringkat pertama dari penyebab kematian. Penyebab kematian akibat penyakit kardiovaskular di antaranya disebabkan oleh Penyakit Jantung Koroner (PJK) dan stroke (WHO, 2021). Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesmas) menunjukkan prevalensi tertinggi untuk penyakit kardiovaskular di Indonesia adalah penyakit jantung. Prevalensi penyakit jantung mengalami peningkatan yaitu 0,5% pada tahun 2013 menjadi 1,5% pada tahun 2018 (Kemkes RI, 2021).

Penyakit jantung koroner merupakan penyakit yang disebabkan oleh penyempitan pembuluh darah arteri koroner. Penyempitan pembuluh darah tersebut mengakibatkan aliran darah ke jantung akan kekurangan oksigen dan dapat menimbulkan gejala nyeri dada yang merupakan gejala khas penyakit jantung koroner (Daniati dan Erawati, 2018). Penyempitan pembuluh darah (aterosklerosis) terjadi karena tingginya kadar kolesterol dan terjadi pengendapan dalam pembuluh darah (Soleha, 2012; Anggraini dan Nabillah, 2018).

Kolesterol merupakan senyawa lemak yang diproduksi oleh berbagai sel dalam tubuh dan sekitar 1/4 kolesterol yang dihasilkan dalam tubuh diproduksi oleh sel-sel hati. Pada dasarnya tubuh membutuhkan kolesterol untuk tetap sehat. Kadar kolesterol total dikategorikan normal yaitu < 200 mg/dL dan kategori tinggi yaitu > 240 mg/dL. Kadar kolesterol yang tinggi merupakan faktor utama penyebab penyakit kardiovaskular manusia seperti penyakit jantung koroner dan stroke (Ma, 2004; Marhaendrajaya dkk., 2017). Oleh karena itu, pemeriksaan kolesterol dalam darah akan sangat membantu untuk mendeteksi, mengatasi dan mengendalikan risiko penyakit tersebut.

Upaya untuk mengendalikan dan menjaga agar kadar kolesterol darah tetap normal perlu dilakukan pemeriksaan. Beberapa pemeriksaan kolesterol dalam darah seperti menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) (Dong dkk., 2011; Hirowatari dkk., 2010), *Gas Chromatography–Mass*

Spectrometry (GC-MS) (Robinet dkk., 2010) dan metode *fluorosens* (Maxfield dan Wustner, 2012). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti selektivitas dan sensitivitas yang kurang, persiapan sampel yang memakan waktu, sifat korosif reagen, standarisasi yang sulit, dan membutuhkan sampel serum dalam jumlah besar serta pemeriksaan yang memerlukan biaya mahal (Sharma dkk., 2017; Giri dkk., 2014). Oleh karena itu, diperlukan alat diagnosis yang cepat, selektif dan sensitif seperti sensor.

Penelitian sensor sebagai alat deteksi sudah sangat berkembang seiring dengan perkembangan nanoteknologi. Termasuk sensor elektrokimia telah menjadi alternatif terbaik dalam mendeteksi kolesterol karena biaya rendah, ukuran yang lebih kecil, sensitivitas tinggi dan waktu deteksi yang lebih sedikit (Nawas dkk., 2018). Salah satu sensor yang dikembangkan dalam mendeteksi kolesterol adalah sensor elektrokimia berbasis nanopartikel. Penerapan berbagai nanopartikel pada penginderaan seperti menggunakan elektroda nanopartikel emas (Lin dkk., 2016) dan nanopartikel magnetik (He dkk., 2019). Fatimah (2019) melaporkan pengembangan alat deteksi kolesterol dilakukan dengan teknik elektrokimia yang didasarkan pada pengukuran arus. Kerja nanopartikel emas ini dapat meningkatkan kemampuan untuk menghantarkan listrik pada alat deteksi serta membantu untuk transfer elektron, sehingga menghasilkan alat deteksi yang lebih sensitif dan selektif.

Pengaplikasian nanopartikel emas sebagai sensor telah dilakukan oleh Yasser (2013), Suciati (2019), dan Roddu (2021). Nanopartikel emas memiliki kelebihan seperti mudah dalam proses sintesis dan fungsionalisasi, biokompabilitas, memiliki sifat optik dan elektronik yang mudah diatur (Khlebtsov dan Dykman, 2011). Pentingnya aplikasi nanopartikel emas maka beberapa penelitian melaporkan sintesis nanopartikel emas dengan metode fisika dan metode kimia. Metode fisika dilakukan dengan mereduksi ukuran padatan logam menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan metode kimia dengan melarutkan agen pereduksi untuk mereduksi ukuran logam menjadi nano (Iswarya dkk., 2015; Kesharwani dkk., 2009). Namun, dari kedua metode tersebut menggunakan bahan pereduksi yang berbahaya bagi lingkungan, menggunakan tekanan, energi dan suhu yang tinggi (Rajeshkumar dkk., 2012), maka telah dikembangkan metode alternatif yang disebut dengan metode biosintesis atau *green synthesis*. Metode biosintesis dilakukan dengan memanfaatkan

mikroorganisme dan tumbuhan dalam sintesis nanopartikel emas (Shah dkk., 2012).

Biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan khamir memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama. Sementara itu, biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen pereduksi (bioreduktor) merupakan metode yang sederhana, cepat dan ramah lingkungan (Ghosh dkk., 2012).

Senyawa-senyawa di dalam tumbuhan berperan mereduksi logam menjadi ukuran nano yaitu senyawa metabolit sekunder seperti tanin pada daun kersen (Wahab dkk., 2018), polifenol pada kulit batang *Terminalia Arjuna* (Rakhi dan Gopal, 2012), kuersetin dari daun okra (Roddu, 2021) dan kuersetin dari sarang semut (Suciati, 2019). Beberapa ekstrak tumbuhan dari daun *Imperata cylindrica* (Anggraini dkk., 2020), kulit batang *Terminalia arjuna* (Suganthi dkk., 2017), kulit buah *Annona squamosa L* (Gangapuram dkk., 2018), buah nanas (Ghafoor dkk., 2020) dan biji *Mangifera indica* (Donga dkk., 2020) telah digunakan dalam sintesis nanopartikel emas. Menurut Goodarzi dkk. (2014), tumbuhan yang berpotensi digunakan sebagai agen pereduksi atau bioreduktor dalam sintesis nanopartikel adalah tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi.

Salah satu jenis tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi adalah kayu jawa (*Lannea coromandelica*). Menurut Ismail dkk. (2016) dan Rajesh (2021), kayu jawa memiliki aktivitas sebagai antioksidan pada kulit batangnya. Hasil skrining fitokimia yang dilakukan Kaur dkk. (2012) dan Ramadhan dkk. (2022) menunjukkan bahwa kulit batang kayu jawa mengandung alkaloid, polifenol, saponin dan flavonoid. Penelitian Yun dkk. (2014), melaporkan 13 senyawa yang berhasil diisolasi dari kulit batang kayu jawa yaitu antara lain kuersetin, sitosterol palmitat, *myricadiol*, isovanillin, trans-asam sinamat, asam palmitat, dan asam stearat. Suciati (2019) melaporkan bahwa senyawa kuersetin berperan penting dalam mereduksi ion emas (Au^{3+}) menjadi Au^0 . Setelah direduksi menjadi Au^0 maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan elektron atom Au akan saling mendekat dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan antar logam membentuk suatu *cluster* yang berukuran nano.

Reddy dkk. (2019) memanfaatkan ekstrak air dari daun *Lannea coromandelica* untuk mensintesis nanopartikel perak. Adanya senyawa polifenol yang berperan mereduksi ion perak menjadi nanopartikel perak. Oleh karena itu, dengan mengacu pada penelitian terkait maka dilakukan penelitian tentang

sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) yang selanjutnya akan diaplikasikan sebagai sensor untuk mendeteksi kadar kolesterol dalam darah.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini berdasarkan uraian yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. bagaimana potensi ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel emas yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*)?
3. bagaimana desain dan respon sensor berbasis nanopartikel emas 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 emas,
2. mengkarakterisasi nanopartikel emas dari hasil sintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*),
3. mendesain dan menentukan respon sensor berbasis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) dalam mendeteksi kadar kolesterol darah.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sintesis nanopartikel emas yang mudah, murah dan ramah lingkungan yaitu dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*). Nanopartikel yang dihasilkan kemudian diaplikasikan sebagai alat deteksi kadar kolesterol dan diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan sensor berbasis nanopartikel emas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Nanoteknologi saat ini merupakan cabang keilmuan yang berkembang pesat pada abad ke-21. Nanoteknologi merupakan salah satu bidang ilmu interdisipliner yang menggabungkan fisika, kimia, ilmu material, teknik dan biologi (Nath dkk., 2020). Pencapaian dan perkembangan nanoteknologi yang meluas karena aplikasinya dalam berbagai bidang seperti lingkungan (Baruah dkk., 2018), kosmetik (Jimenez-Perez dkk., 2018), energi (Tan dkk., 2017; Dong dkk., 2020), optis (Raj dkk., 2016; Kim dkk., 2019), biomedis (Chhour dkk., 2016; Tao dan Gill., 2015).

Nanopartikel (NP) merupakan komponen dasar dari nanoteknologi (Ealia dan Saravanakumar, 2017). Nanopartikel adalah partikel yang memiliki ukuran berkisar 1 sampai 100 nm (Alanazi dkk., 2010). Menurut Lopez-Lorente dan Valcarcel (2014), nanopartikel ada tiga macam yaitu nanopartikel organik, nanopartikel *hybrid* dan nanopartikel anorganik. Nanopartikel organik disintesis menggunakan molekul organik alami seperti lipid, agregat protein dan struktur kompleks lainnya. Nanopartikel *hybrid* adalah campuran dari nanopartikel organik dan anorganik. Nanopartikel anorganik disintesis dengan pengendapan garam anorganik, yang saling berhubungan antara molekul dan logam (Ranjan dkk., 2016).

Nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu nanopartikel logam dan nanopartikel oksida logam. Nanopartikel disintesis dari logam seperti platinum (Pt), perak (Ag), emas (Au), kadmium (Cd), kobalt (Co), besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Nanopartikel memiliki ukuran, bentuk, luas permukaan, dan kepadatan yang khas (Jeyaraj dkk., 2019). Nanopartikel logam memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda dari logam aslinya (Tyagi, 2011). Ketika partikel direduksi ke tingkat nano maka terjadi perubahan sifat fisik dan kimia, misalnya titik leleh lebih rendah, luas permukaan spesifik lebih tinggi, sifat optik spesifik, kekuatan mekanik, dan magnetisasi spesifik (Horikoshi dan Serpone, 2013). Karakteristik fisik dan kimia dari nanopartikel logam dipengaruhi oleh

ukuran, bentuk, struktur, komposisi serta sifat lingkungan sekitarnya (Attaallah dkk., 2020; Shah dkk., 2014).

2.2. Nanopartikel Emas

Emas adalah elemen alami dan salah satu dari komponen kerak bumi. Pada dasarnya, nama ilmiah emas adalah Aurum dengan simbol Au dan memiliki nomor atom 79. Selanjutnya, emas adalah logam transisi dan terletak pada unsur golongan 11 dan periode 6. Secara fisik, emas ada dalam warna kuning cerah, sedikit kemerahan dalam bentuknya yang murni dan dapat dilihat seperti batu. Secara kimiawi, emas adalah salah satu elemen yang paling tidak reaktif dalam bentuk padat dalam kondisi standar. Emas memiliki ketahanan yang tinggi terhadap sebagian besar asam meskipun dapat larut dalam aquaregia yang merupakan campuran dari asam klorida dan asam nitrat (Hilmi dkk., 2019).

Nanopartikel emas (NPAu) memiliki perbedaan dengan logam emas yang berukuran besar. Logam emas berwarna kuning keemasan, sedangkan pada skala nano emas umumnya tampak merah hingga berwarna ungu (Pulchery dkk., 2013). Emas memiliki titik leleh yaitu 1200°C dan berwarna kuning, pada bentuk nano dengan ukuran partikel 3 nm memiliki titik leleh 200°C dan berwarna kemerahan (Riwayati, 2007). Menurut Qiau dkk. (2014), ketika diameter nanopartikel emas semakin kecil maka titik lelehnya akan rendah, titik leleh nanopartikel emas berkisar antara 615–1115°K yang lebih rendah dibandingkan emas curah yaitu 1336°K.

Nanopartikel emas mudah dalam proses sintesis dan fungsionalisasi, biokompatibilitas (toksisitas rendah), memiliki sifat optik dan elektronik yang mudah diatur (Khlebtsov dan Dykman, 2011). Sifat ini dapat dimodifikasi dengan perlakuan kimia tertentu selama proses sintesis. Nanopartikel emas menunjukkan sifat fisik dan kimia yang menjadikannya unik untuk aplikasi seperti katalis (Bogireddy dkk., 2018), biomedis (Chan dkk., 2019), farmasi (Anggraini dkk., 2020; Iyer dan Panda, 2018).

Nanopartikel emas memiliki bentuk yang berbeda-beda dan aplikasinya juga berbeda. Nanopartikel memiliki penyerapan plasmon yang berbeda dan bergantung pada bentuknya (Li dan Truhlar, 2014). Nanopartikel emas memiliki sifat optik yang menarik termasuk rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi, yang berkontribusi pada sensitivitas dan selektivitas yang tinggi untuk

digunakan sebagai pendeteksi atau sensor. Nanopartikel emas memiliki berbagai bentuk seperti *nanospheres*, bola, *nanorods* dan *nanorings* dengan mengubah sifat optik (Hilmi dkk., 2019). Sifat kimia dan optik nanopartikel emas bergantung pada ukuran, bentuk, keadaan agregasi dan lingkungannya (Pluchery dkk., 2013).

Sintesis nanopartikel secara umum dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu metode kimia, metode fisika dan metode biologi. Metode kimia yaitu metode reduksi kimia meliputi dua bagian utama: (1) reduksi oleh agen seperti borohidrida, aminoboran, formaldehida, asam sitrat dan (2) stabilisasi menggunakan agen, misalnya trisodium sitrat dihidrat, dendrimer, polimer dan surfaktan seperti setiltrimetilamonium bromida (CTAB). Beberapa jenis zat penstabil biasanya ditambahkan untuk menghindari agregasi partikel.

Metode fisika yaitu metode sintesis melibatkan penerapan tekanan mekanis, radiasi energi tinggi, termal energi, atau energi listrik untuk menyebabkan abrasi, peleburan, penguapan, atau pengembunan material menghasilkan NP. Metode fisika termasuk penguapan dan kondensasi menggunakan tungku tabung pada tekanan atmosfer (Jeyaraj dkk., 2019). Metode biologi atau biosintesis NPAu adalah cara alternatif untuk mensintesis NPAu tanpa menggunakan bahan kimia beracun. Metode ini sangat aman karena metode ini tidak beracun bagi manusia dan lingkungan (Shah dkk., 2014).

2.3. Biosintesis Nanopartikel Emas

Pengembangan metode ramah lingkungan untuk sintesis bentuk dan ukuran bahan nano merupakan penelitian yang penting di bidang nanoteknologi (Gopinath dan Arumugam, 2014). Biosintesis atau *green synthesis* adalah cara sintesis dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pereduksi (bioreduktor) yang ramah lingkungan. Sintesis nanopartikel emas metode *green synthesis* merupakan metode produksi yang dapat diandalkan dibandingkan dengan metode kimia (Singh dan Kundu, 2013).

Biosintesis nanopartikel emas pertama kali dilakukan oleh Beveridge dan Murray (1980) dengan memanfaatkan mikroorganisme. Jenis mikroorganisme yang digunakan yaitu *Bacillus subtilis*. Beberapa jenis mikroorganisme atau mikroba yang dimanfaatkan dalam biosintesis nanopartikel emas seperti yang tertera pada Tabel 1.

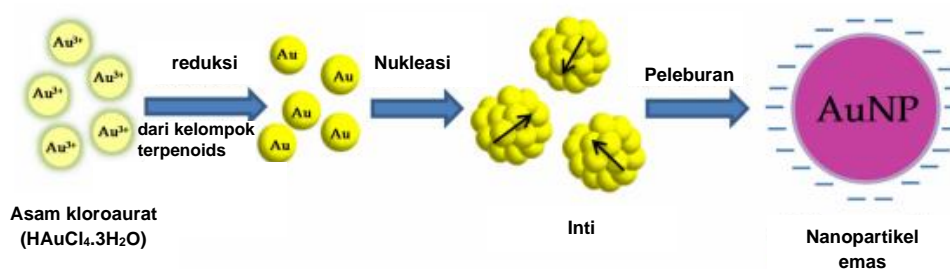
Tabel 1. Bioreduktor dari mikroba yang telah digunakan dalam sintesis nanopartikel emas

Jenis Bioreduktor	Ukuran (nm)	Bentuk	Referensi
<i>Bacillus megaterium</i>	10	Bulat	Sathiyarayanan dkk., 2014
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40	Bulat	Singh dan Kundu, 2013
<i>Halomonas salina</i>	30	Bulat	Shah dkk., 2012
<i>Penicillium aculeatum</i>	60	Bulat	Barabadi dkk., 2017
<i>Inonotus obliquus</i>	11–37,7		Lee dkk., 2015
<i>Alternaria</i> sp.	15–18	Bulat	Dhanasekar dkk., 2015
<i>Fusarium solani</i>	20–50	Bulat	Gopinath dan Arumugam, 2014

Tabel 1 menampilkan jenis mikroba yang digunakan dalam sintesis nanopartikel emas. Penggunaan mikroba sebagai bioreduktor nanopartikel emas memiliki kekurangan yaitu kesulitan dalam menyediakan kontrol yang baik, penyalahgunaan parameter reaksi seperti pH dan suhu dapat menonaktifkan mikroba dan mengganggu proses bioreduksi, waktu inkubasi yang lama diperlukan untuk mempertahankan pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan nanopartikel (Gan dan Li, 2012). Oleh karena itu, dikembangkan biosintesis nanopartikel emas menggunakan tumbuhan. Penggunaan tumbuhan dalam proses bioreduksi memiliki kelebihan seperti mudah, murah dan ramah lingkungan. Sintesis nanopartikel logam yang dimediasi tumbuhan menjadi penting karena kesederhanaannya, kecepatan sintesis nanopartikel yang menarik, beragam morfologi, penghapusan pemeliharaan kultur sel yang rumit dan ramah lingkungan (Ghosh dkk., 2012).

Senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan dapat mereduksi ion Au^{3+} menjadi Au yang tidak bermuatan (Au^0). Senyawa yang terlibat dalam sintesis adalah senyawa metabolit primer dan metabolit sekunder. Senyawa metabolit primer seperti enzim, protein, dan karbohidrat (Narayanan dkk., 2011), sedangkan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid (Zhou, 2010), terpenoid dalam ekstrak *Curcuma mangga* (Foo, 2017), polifenol (Rakhi dan Gopal, 2012) dan tanin pada daun *Muntingia calabura* L. (Wahab dkk., 2018). Bagian tumbuhan yang digunakan dalam sintesis nanopartikel emas seperti biji *Lawsonia inermis* (Akilandeeswar dan Muthu, 2020), buah *Aegle marmelos*, *Eugenia jambolana* dan sirsak (Vijayakumar, 2019), kulit buah *Persea americana* (Adebayo dkk., 2019), bunga *Clitoria ternatea* (Chan dkk., 2019), daun *Salix alba* (Islam dkk., 2019), kulit batang *Mimosa tenuiflora* (Rodriguez-Leon dkk., 2019) dan licorice atau akar manis (Al-Radadi, 2021).

Foo dkk. (2017) melaporkan bahwa terpenoid dalam ekstrak *Curcuma mangga* memiliki kemampuan untuk mereduksi ion Au^{3+} menjadi Au^0 . Mekanisme pembentukan NPE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Reduksi Au^{3+} menjadi Au mengarah pada pembentukan inti partikel. Inti menyatu dan berkontribusi pada pertumbuhan NPE (Polte dkk., 2010). Terpenoid dengan gugus karboksilat, seperti longpene A, coronadiene dan zerumin A dapat mengikat permukaan NPAu dan bertindak sebagai zat penstabil (Aziz dkk., 2014).



Gambar 1. Mekanisme pembentukan AuNP yang disintesis menggunakan ekstrak *Curcuma mangga* (Foo dkk., 2017)

Karakterisasi nanopartikel emas diawali dengan pengamatan visual yaitu melihat perubahan warna berdasarkan prinsip *Surface Plasmon Resonance* (SPR). SPR adalah interaksi resonan dari *band* elektron di permukaan nanopartikel saat dikenai sinar (Kvasnika dan Homola, 2008). Perubahan warna terjadi ketika ukuran nanopartikel meningkat, dalam hal ini emas berubah warna dari merah tua menjadi ungu (Rajeshkumar dkk., 2017). Selanjutnya dilakukan analisis dengan spektrofotometer UV-Vis, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Particles Size Analyzer* (PSA) (Suciati, 2019; Yasser, 2013).

2.4. Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*)

Kayu jawa (*Lannea cormendalica*) adalah spesies yang berasal dari famili Anacardiaceae dan merupakan salah satu tumbuhan yang banyak ditemukan di Bangladesh (Akhter dkk., 2020; Imam dan Moniruzzaman, 2014), India (Pavithra dan Mani, 2018; Premjanu dan Jaynthy, 2014; Selvaraj dkk., 2015), China (Yun dkk., 2014), Myanmar (DeFilipps dan Krupnick, 2018) dan Indonesia (Hamzah dkk., 2017; Paramudita dkk., 2017). Tumbuhan ini memiliki beberapa nama seperti kuda-kuda (Febriansyah dkk., 2019), kedondong laki, jaranan atau disebut pohon

Kudo oleh masyarakat Jawa, disebut pohon Reo di Flores (Eskani dkk., 2017), sedangkan masyarakat Bugis Makassar menyebutnya dengan kayu jawa (*aju jawa*) atau kayu tammate (Azzahrah dkk., 2019; Wirastuty, 2016; Ismail dkk., 2016).

Kayu jawa memiliki tinggi pohon 12–28 m dengan kulit batang tebal, kasar, berwarna keabu-abuan (Cho dan Lwin, 2015) seperti pada Gambar 2 dan biasa dijadikan tanaman pagar (Fadhiah dkk., 2010; Rahman dkk., 2016). Batang memiliki getah yang berwarna putih kekuningan saat segar dan berwarna cokelat kehitaman saat dikeringkan (Kaur dkk., 2013). Daun berbentuk lonjong atau seperti bulat telur berwarna hijau dan pucuknya berwarna cokelat muda. Berbunga kecil kekuningan atau keunguan dan memiliki buah dengan biji merah (Cho dan Lwin, 2015). Klasifikasi tumbuhan kayu jawa adalah sebagai berikut (Gunjal dkk., 2021):

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Magnoliophyta
Kelas	: Spermatophyta
Subkelas	: Rosids
Ordo	: Sapindales
Familia	: Anacardiaceae
Genus	: <i>Lannea</i>
Spesies	: <i>Lannea coromandelica</i>



Gambar 2. Tumbuhan kayu jawa (*Lannea coromandelica*)

Kayu jawa secara tradisional telah dimanfaatkan untuk kepentingan pengobatan. Bagian tumbuhan seperti kulit batang digunakan untuk penyembuhan

luka (Calsum dkk., 2018), diabetes (Rahmatullah dkk., 2012), infeksi kulit (Panda dkk., 2017), mengatasi muntah darah (Indrayangingsih dkk., 2015), perawatan pasca persalinan (Indrawati dkk., 2014) dan antituberkulosis (Hamzah dkk., 2017). Daun berkhasiat mengobati bisul dan sakit gigi (Pavithra dan Mani, 2018). Buah digunakan untuk mengobati patah tulang (Ratnam dan Raju, 2008).

Selain bermanfaat di bidang pengobatan, tumbuhan kayu jawa juga memiliki manfaat lain seperti getah batang digunakan sebagai alternatif bahan baku perekat alami pada industri kerajinan (Eskani dkk., 2017) dan bahan elektrolit polimer sebagai elektroda pelapis sel surya (Saehana dkk., 2014). Kulit batang digunakan sebagai pewarna alami pada kain tenun (Rahayu dkk., 2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa kayu jawa memiliki kandungan senyawa yang sangat bermanfaat.

Ekstrak metanol kulit batang *Lannea coromandelica* mempunyai efek antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Syamsurya dkk., 2016), memiliki potensi sebagai antikanker (Haruna dkk., 2018), sebagai antibakteri dan antikanker (Sivaraj dkk., 2018), sebagai antidiare dan antibakteri (Majumder dkk., 2013). Nasra dkk. (2019) melaporkan bahwa seduhan serbuk kulit batang kayu jawa memiliki aktivitas toksik terhadap larva *A. salina* Leach. Ekstrak kulit batang kayu jawa mengandung saponin yang berfungsi memacu pembentukan kolagen dan tanin yang berfungsi menurunkan inflamasi, serta kandungan berupa polifenol yang memiliki efek antimikroba untuk mencegah infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme (Wirastuty, 2016). Reddy dkk. (2019) memanfaatkan ekstrak air dari daun *Lannea coromandelica* untuk mensintesis nanopartikel perak. Spektrum yang diperoleh berdasarkan analisis UV-Vis menunjukkan penyerapan maksimum pada panjang gelombang 420 nm. Nanopartikel perak yang dihasilkan permukaannya halus dengan diameter ukuran sekitar 10–20 nm dan berbentuk kubik.

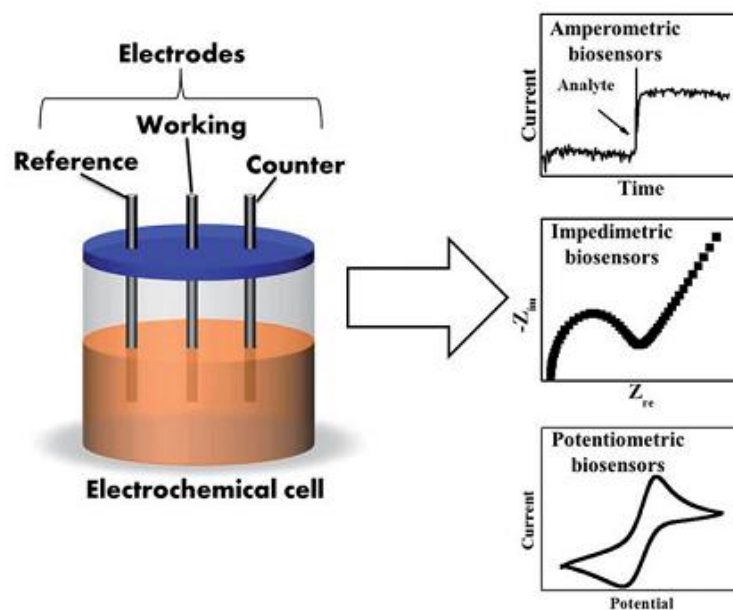
Hasil skrining fitokimia yang dilakukan Kaur dkk. (2012) dan Ramadhan dkk. (2022) menunjukkan bahwa kulit batang kayu jawa mengandung alkaloid, polifenol, saponin dan flavonoid. Penelitian Yun dkk. (2014), melaporakn 13 senyawa yang berhasil diisolasi dari kulit batang kayu jawa yaitu antara lain kuersetin, sitosterol palmitat, *myricadiol*, isovanillin, trans-asam sinamat, asam palmitat, dan asam stearat. Suciati (2019) melaporkan bahwa senyawa kuersetin berperan penting dalam mereduksi ion emas (Au^{3+}) menjadi Au^0 . Setelah direduksi menjadi Au^0 maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan

elektron atom Au akan saling mendekat dan berinteraksi satu sama lain melalui ikatan antar logam membentuk suatu *cluster* yang berukuran nano. Perkiraan mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel emas oleh senyawa kuersetin ditampilkan pada Gambar 3.

2.5. Sensor

Sensor kimia adalah alat yang dapat mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik (Lasmani, 2010). Biosensor termasuk salah satu sensor kimia (Wahab dan La Nafie, 2014). Biosensor telah banyak diteliti dan dikembangkan sebagai sebagai alat deteksi dalam bidang medis (Salahandish dkk., 2018), lingkungan (Rame, 2014) dan makanan (Yanti dan Melati, 2017).

Biosensor merupakan sensor yang prinsip kerjanya didasarkan pada reaksi elektrokimia. Voltametri adalah salah satu jenis sensor elektrokimia yang mengamati kerja pada kurva arus-potensial. Teknik voltametri digunakan untuk menganalisis analit berdasarkan pengukuran arus sebagai fungsi potensial. Sel voltametri menggunakan sistem tiga elektroda ditunjukkan pada Gambar 4, terdiri dari elektroda referensi, konter dan kerja, yang dicelupkan ke dalam buffer yang berisi analit. Tiga metode (amperometrik, potensiometri, dan impedimetri) digunakan untuk deteksi analit menggunakan biosensor elektrokimia (Soni dkk., 2018).



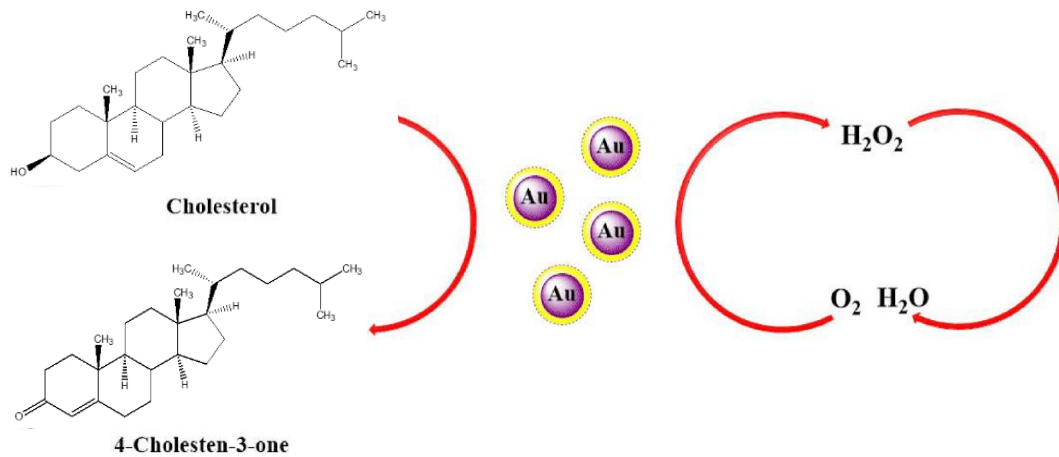
Gambar 4. Skema sel biosensor elektrokimia (Soni dkk., 2018)

Biosensor adalah perangkat yang menggabungkan komponen biologis untuk mendeteksi analit dan komponen fisikokimia untuk menghasilkan sinyal yang dapat diukur (Michelmore, 2016). Biosensor melibatkan aktifitas enzimatik yang terjadi pada membran yang dimodifikasi dengan unsur biologis seperti jaringan, jasad renik, organel, enzim, antibodi serta asam nukleat yang telah diimobilisasi (Wahab dan La Nafie, 2014). Peranan enzim yang begitu penting dalam biosensor memiliki kekurangan yaitu harga yang mahal dan kestabilan enzim yang rendah. Sehingga sensor non enzimatik telah banyak dikembangkan oleh para peneliti untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas dari kinerja biosensor.

Saat ini telah berkembang sensor non-enzimatik untuk mendeteksi secara voltametri berbasis nanopartikel emas. Nanopartikel emas banyak digunakan dalam fabrikasi biosensor karena dengan ukuran nano akan meningkatkan kecepatan scanning pada analit, selain itu nanopartikel emas memiliki kestabilan dalam mempertahankan bioaktivitas dari biomolekul (Sahadi dkk., 2011).

Metode voltametri memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode spektrofotometri dan kromatografi yang biasa digunakan dalam analisis kolesterol. Metode voltametri tidak memerlukan pelarut organik dengan kemurnian tinggi seperti yang diperlukan dalam metode kromatografi dan spektrofotometri. Oleh karena itu, biaya analisis lebih ekonomis dan peralatan yang digunakan lebih praktis dan mudah. Keunggulan tersebut menjadi dasar pengembangan metode analisis kolesterol dengan metode voltametri siklik. Elektroda kerja yang digunakan juga harus sesuai yang dapat menentukan kadar kolesterol dalam urin. Penelitian ini menggunakan emas sebagai elektroda kerja karena bersifat inert, stabil, elektrokatalitik, dan konduktor yang baik (Riyanto dan Laksono, 2017). Beberapa peneliti telah mengembangkan sensor nonenzim untuk penentuan kolesterol menggunakan amperometrik yaitu Agnihotri dkk. (2015), nanopartikel platinum (Yang dkk., 2012), nanopartikel emas (Dhara dkk., 2016).

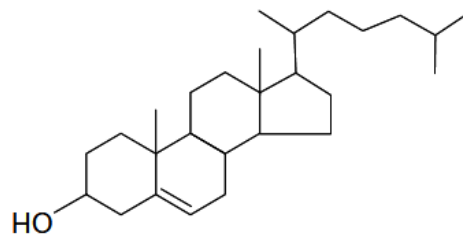
Han dkk. (2022) memberikan ilustrasi tentang deteksi kolesterol dengan elektroda nanopartikel emas seperti pada Gambar 4. Nanopartikel memiliki kemampuan elektrokatalitik yang sangat baik dan dapat mengkatalisis oksidasi kolesterol menjadi *4-Cholesten-3-one* dan H_2O_2 sehingga memberikan respon berupa puncak oksidasi yang signifikan dalam sistem elektrokimia, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Presentasi skematis dari sensor elektrokimia berdasarkan aktivitas NPAu dalam mendeteksi kolesterol (Han dkk., 2022)

2.6. Kolesterol

Kolesterol merupakan salah satu komponen lemak dan sterol utama dari membran sel dalam tubuh (Nuryani dkk., 2018; Huang dkk., 2017). Sumber kolesterol pada manusia adalah makanan dan biosintesis di hati (Xu dkk., 2016). Sekitar 70% kolesterol dalam darah disintesis di dalam hati dan sisanya berasal dari asupan makanan (Naim dkk., 2019). Struktur kolesterol dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kolesterol

Kolesterol dapat dibagi menjadi kolesterol total, Low-density lipoprotein (LDL), high-density lipoprotein (HDL), dan trigliserida. Nilai normal kolesterol total pada laki-laki dan perempuan adalah 140–200 mg/dL, 66–178 untuk LDL, 36–165 mg/dl untuk trigliserida dan 30–75 mg/dL untuk HDL (Djasang, 2017). Kandungan kolesterol dalam tubuh yang berlebihan merupakan suatu kondisi yang berbahaya dan tidak baik untuk kesehatan. Kadar kolesterol >200 mg/dL akan menyebabkan hiperkolesterolemia dan apabila dibiarkan maka secara perlahan akan mengeraskan dinding pembuluh darah sehingga menghambat aliran darah dan dapat menyebabkan aterosklerosis (Rini dkk., 2014). Aterosklerosis

merupakan suatu plak ateromatosa atau *fibrofatty plaques* yang menonjol ke dalam dan menyumbat pembuluh darah (Isdadiyanto dkk., 2013; Meinisasti dkk., 2019).

Hiperkolesterolemia terkadang tidak dapat terdeteksi karena gejala yang dirasakan tidak spesifik. Gejala yang sering ditemukan yaitu pusing, sakit kepala bagian belakang, pundak terasa pegal serta kesemutan di tangan dan kaki. Gejala dapat disertai nyeri seperti ditusuk di bagian dada sebelah kiri (Nuryani dkk., 2018). Menurut German dan Dillard (2004) hiperkolesterolemia dapat disebabkan karena konsumsi makanan tidak sehat, seperti makanan yang mengandung kadar lemak tinggi, dan sedikit konsumsi buah dan sayur, kemudian aktivitas fisik rendah, hipertensi, stres, merokok dan konsumsi alkohol. Selain itu, penyebab hiperkolesterolemia yang lain bisa dikarenakan obesitas, gangguan ginjal, gangguan hati, kortikosteroid, dan penyakit tiroid (Ardiani, 2017). Hiperkolesterolemia dapat meningkatkan faktor risiko Penyakit Jantung Koroner (PJK) dan penyakit kardiovaskuler lainnya (Listianasari, 2017).

2.7. Kerangka Pikir dan Hipotesis Penelitian

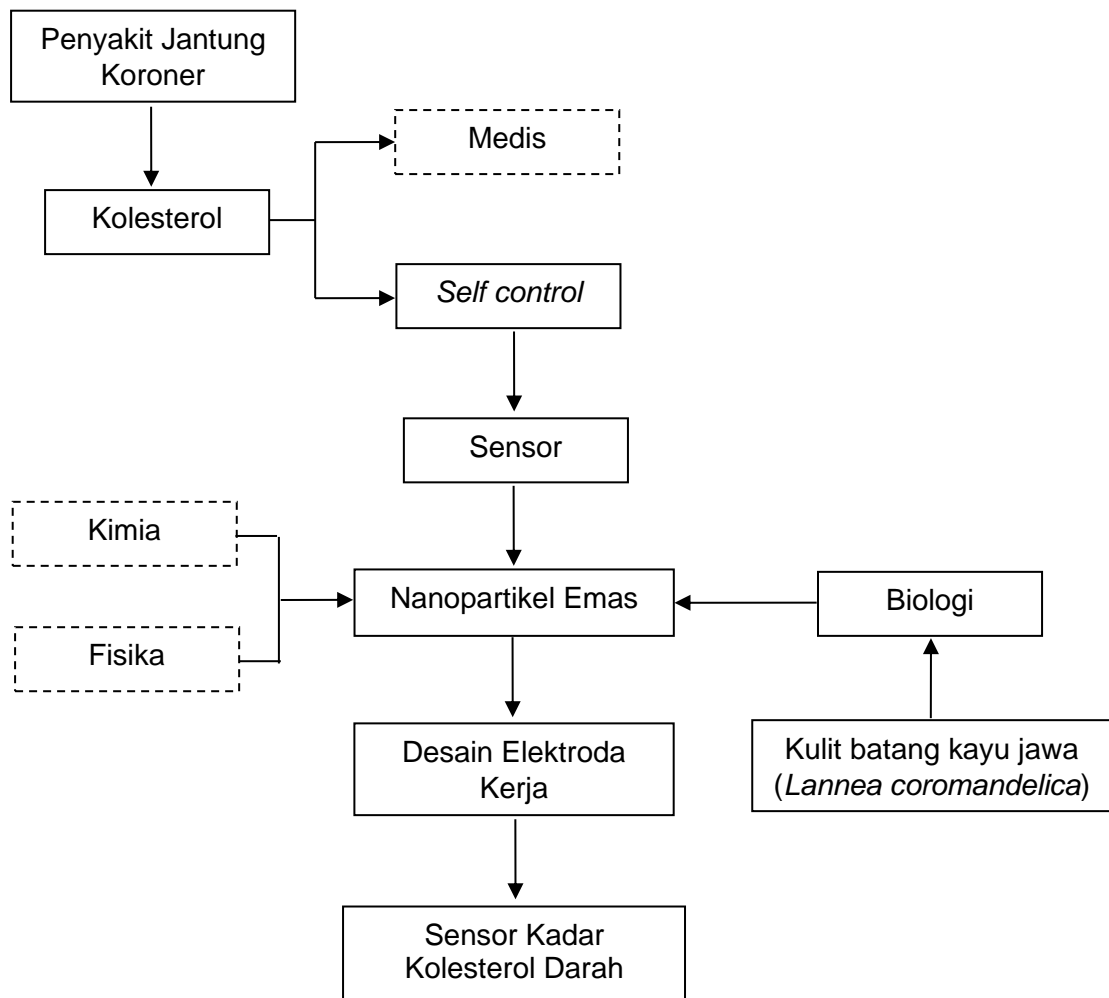
2.7.1. Kerangka Pikir

Masalah kesehatan yang ada di masyarakat saat ini sudah semakin kompleks dan beragam. Salah satu penyakit yang banyak diderita adalah penyakit jantung koroner. Penyebab utama dari penyakit ini adalah banyaknya kadar kolesterol dalam darah. Hal ini disebabkan karena kurangnya perhatian dalam menjaga keseimbangan antara pola makan dan olahraga. Apalagi kecenderungan kebanyakan orang dari beragam usia yang menyukai makanan yang berlemak. Kandungan kolesterol dalam tubuh yang berlebihan merupakan suatu hal yang tidak baik untuk kesehatan, terutama kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL). Bila kadar kolesterol dalam darah meningkat kemudian menumpuk pada dinding pembuluh darah dapat menyebabkan dinding pembuluh darah menjadi sempit, keras, dan kaku sehingga tidak ada lagi sisa ruangan untuk aliran darah, tekanan darah naik yang akan berakibat pada serangan jantung dan bahkan pendarahan otak (stroke) (Marhaendrajaya dkk., 2017). Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang dapat mengukur kadar kolesterol dalam tubuh agar dapat terkontrol seperti sensor.

Saat ini penelitian tentang sensor telah banyak dikembangkan. Salah satu sensor yang telah dikembangkan adalah sensor untuk deteksi kolesterol berbasis

nanopartikel. Pengembangan alat deteksi kolesterol dilakukan dengan menggunakan teknik elektrokimia yang didasarkan pada pengukuran arus. Pengukuran ini lebih sensitif dan selektif dikarenakan melibatkan nanopartikel emas. Kerja nanopartikel emas ini dapat meningkatkan kemampuan untuk menghantarkan listrik pada alat deteksi serta membantu untuk transfer elektron, sehingga akan lebih sensitif dan selektif sebagai alat deteksi (Fatinah, 2019).

Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu metode kimia, metode fisika dan metode biologi. Metode fisika dilakukan dengan mereduksi ukuran padatan logam menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan metode kimia dengan melarutkan agen pereduksi untuk mereduksi ukuran logam menjadi nano. Metode biologi atau biosintesis NPE adalah cara alternatif untuk mensintesis NPE tanpa menggunakan bahan kimia beracun. Biosintesis NPE menggunakan tumbuhan sebagai bioreduktor. Tumbuhan yang kaya akan kandungan antioksidan berpotensi sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan pada kulit batangnya adalah kayu jawa (*Lannea coromandelica*) (Ismail dkk., 2016). Oleh karena itu, pada penelitian ini kulit batang kayu jawa digunakan dalam sintesis nanopartikel emas. Nanopartikel emas hasil bioreduksi menggunakan kulit batang kayu jawa selanjutnya dimodifikasi pada elektroda yang diaplikasikan untuk mendeteksi kolesterol darah manusia.



Gambar 7. Kerangka pikir

2.7.2. Hipotesis

1. Ekstrak kulit batang kayu jawa (*Lannea coromandelica*) berpotensi sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas.
2. Nanopartikel emas yang disintesis dengan bioreduktor ekstrak kulit batang kayu jawa memenuhi kriteria sebagai nanopartikel.
3. Nanopartikel emas dapat didesain sebagai sensor untuk mendeteksi kadar kolesterol darah dengan metode voltametri siklik.