

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) MENGGUNAKAN  
BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR DAUN UBI JALAR MERAH (*Ipomoea  
batatas L var. Poir*) DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

**NANDA OKKY ANGGARA**

**H031191079**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2024**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) MENGGUNAKAN  
BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR DAUN UBI JALAR MERAH (*Ipomoea  
batatas L var. Poir*) DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

**Oleh**

**NANDA OKKY ANGGARA**

**H031191079**



**MAKASSAR**

**2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) MENGGUNAKAN  
BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR DAUN UBI JALAR MERAH (*Ipomoea  
batatas L var. Poir*) DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

Disusun dan diajukan oleh:

NANDA OKKY ANGGARA

H031 19 1079

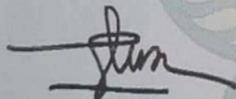
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Pada 2 Februari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

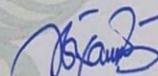
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

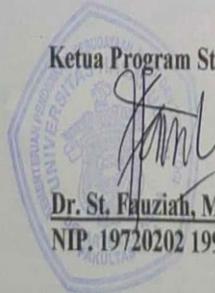


Dr. Syahrudin Kasim, S.Si., M.Si  
NIP. 19690705 199703 1 001



Dr. Rugaiyah A. Arfah, M.Si  
NIP. 19611231 198702 2 002

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si  
NIP. 19720202 199903 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanda Okky Anggara

NIM : H031191079

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP) Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya gunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 2 Januari 2024

Yang Menyatakan,



Nanda Okky Anggara

## LEMBAR PERSEMBAHAN

“Sesuatu yang **terucap** akan **hilang** bersama **hembusan angin**, Sesuatu yang **tertulis** akan **hidup abadi**”

## PRAKATA

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas nikmat dan berkah-Nya sehingga skripsi ini terselesaikan. Shalawat serta salam tak lupa juga penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan suri tauladan dalam menjalani kehidupan dunia dan akhirat. Syukur alhamdulillah atas selesainya penulisan skripsi ini dengan judul **“Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP) menggunakan Bioreduktor Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri”**. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis berharap dapat diberikan saran dan kritikan yang membangun agar dapat lebih baik lagi ke depannya. Tentunya dalam proses ini sudah dibantu oleh banyak pihak untuk itu izinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda **Dr. Syahrudin Kasim, S.Si., M.Si** selaku pembimbing utama dan penasehat akademik, serta ibunda **Dr. Rugaiyah A.Arfah M.Si** selaku pembimbing pertama yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, dengan sabar memberikan ilmu, tenaga, pemikiran, motivasi, serta bimbingan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian maupun proses penyelesaian skripsi ini.
2. Dosen penguji sarjana, ibu **Bulkis Musa S.Si., M.Si.** dan bapak **Drs. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc** atas bimbingan, saran dan kritik yang sangat berarti sebagai acuan dalam perbaikan penulisan skripsi ini.
3. ketua Departemen Kimia, ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan sekretaris

Departemen Kimia, ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si**, serta seluruh dosen Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan.

4. para staf dan seluruh analis Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, terkhusus Ibu **Kak linda** selaku analis Laboratorium Kimia anorganik, **Pak iqbal** selaku analis Laboratorium Kimia Terpadu (UV-Vis) serta **ibu Tini**, selaku analis Laboratorium Kimia Terpadu (FTIR) yang telah sabar dan selalu membantu peneliti selama ini.
5. teristimewa kedua orang tua penulis bapak **Jafar Shodiq** dan ibunda **Mukawanah** Terima kasih karena sudah mengantarkanku ke tempat ini dengan segala perhatian, kasih sayang, waktu, materi, pengorbanan, motivasi serta do'a yang tulus yang tiada henti kepada penulis.
6. teman-teman seangkatan **Kimia 2019**, terkhusus saudara-saudariku **Konf19urasi 2019** yang selalu melukis cerita bersama, menemani dalam suka dan duka membantu, dan menghiasi perkuliahan.
7. Sahabat **Kontrakan Online**
8. Terima kasih kepada Kanda Adinda **KMK FMIPA Unhas**.
9. semua pihak yang terlibat dalam dan tak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam bentuk moril maupun materil demi terselesaikannya skripsi ini.

Semoga segala bimbingan, arahan, bantuan, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini mendapat balasan pahala

dan tercatat sebagai amal ibadah di sisi Allah SWT. Aamiin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih sangatlah jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun senantiasa penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Makassar, 2024

Penulis

## ABSTRAK

Penelitian Sintesis Nanopartikel Emas (Au) menggunakan Bioreduktor Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri telah dilakukan. Metode *Green Synthesis* ini menggunakan pelarut air untuk mengekstrak senyawa organik pada daun ubi jalar merah yang berfungsi sebagai bioreduktor. Hasil sintesis dilanjutkan dengan uji aktivitasnya sebagai antibakteri. Terbentuknya nanopartikel emas dapat dikonfirmasi setelah 5 jam pengadukan. Karakterisasi nanopartikel emas dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). Berdasarkan hasil analisis spektrofotometer UV-Vis menunjukkan panjang gelombang maksimum pada 546 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,734. Hasil FTIR menunjukkan keberadaan gugus hidroksil yang berperan sebagai pereduksi ion logam sehingga tidak bermuatan sedangkan hasil analisa dengan XRD mengkonfirmasi bahwa kristal nanopartikel emas berbentuk *Face Centered Cubic* (FCC) serta berdasarkan pendekatan *Scherrer* distribusi ukuran partikel yaitu memiliki diameter rata-rata 13,59 nm. Hasil SEM-EDX menunjukkan bahwa nanopartikel emas memiliki bentuk bulat dan berada pada kulit elektron M. Nanopartikel emas memiliki zona hambat 8,3 mm pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan 7,9 mm pada bakteri *Bacillus subtilis*.

Kata Kunci: antibakteri, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, bioreduktor, nanopartikel emas.

## ABSTRACT

Research has been carried out on the synthesis of Gold Nanoparticles (Au) with Bioreducers, water extracts of red sweet potato leaves (*Ipomea batatas L var. Poir*) and the antibacterial activity test. This Green Synthesis method uses water as a solvent to extract organic compounds in red sweet potato leaves which function as bioreducers. The results of the synthesis were continued by testing its activity as an antibacterial. The formation of gold nanoparticles can be confirmed after 5 hours of stirring. The characterization of gold nanoparticles was carried out using a UV-Vis spectrophotometer, Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). Based on the analysis of UV-Vis spectrophotometer, the maximum wavelength was at 546 nm with an absorbance value of 0,734. The FTIR results indicate the presence of a hydroxyl group that acts as a metal ion reducing agent so that it is not charged, while the results of the XRD analysis confirm that the gold nanoparticle crystals are Face Centered Cubic (FCC) and based on the Scherrer approach the particle size distribution has an average diameter of 13,59 nm. The SEM-EDX results showed that the gold nanoparticles had a spherical shape and were located in the M electron shell. The gold nanoparticles had an inhibitory zone of 8,3 mm in *Pseudomonas aeruginosa* and 7,9 mm in *Bacillus subtilis* bacteria.

Keywords: antibacterial, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*  
bioreductor, gold nanoparticles,

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	6
1.3.1 Maksud Penelitian .....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Nanopartikel .....	7
2.2 Sintesis Nanopartikel Emas .....	8
2.3 Ubi Jalar Merah ( <i>Ipomea Batatas L var. Poir</i> ) .....	13
2.3.1 Morfologi Ubi Jalar Merah .....	13
2.3.2 Taksonomi Ubi Jalar Merah .....	14
	xi

2.4	Tinjauan Umum Bakteri Uji .....	17
2.4.1	Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	17
2.4.2	Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	18
2.5	Antibakteri .....	19
2.6	Karakterisasi Nanopartikel .....	21
2.6.1	<i>Spektroskopi UV-Visibel</i> .....	21
2.6.2	<i>Fourier Transform Infra Red</i> .....	21
2.6.3	<i>X-Ray Diffraction</i> .....	22
2.6.4	<i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	22
BAB III METODE PENELITIAN .....		24
3.1	Bahan Penelitian .....	24
3.2	Alat Penelitian .....	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.4	Prosedur Penelitian .....	25
3.4.1	Pembuatan Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah .....	25
3.4.2	Uji Fitokimia .....	25
3.4.3	Pembuatan Larutan H <sub>AuCl</sub> <sub>4</sub> 5 mM .....	26
3.4.4	Pembuatan Larutan H <sub>AuCl</sub> <sub>4</sub> 0,5 mM, 1 mM, dan 1,5 mM .....	27
3.4.5	Sintesis Nanopartikel Emas .....	27
3.5	Karakterisasi Nanopartikel Emas .....	27
3.6	Pengujian Aktivitas Antibakteri .....	28
3.6.1	Pembuatan Media <i>Mueller Hinton Agar</i> .....	28
3.6.2	Pembuatan Media <i>Nutrien Broth</i> .....	28
3.6.3	Pembuatan Media <i>Nutrien Agar</i> .....	29

3.6.4	Penyediaan Suspensi Bakteri .....	29
3.6.5	Penentuan Aktivitas Antibakteri .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Uji Fitokimia Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah .....	31
4.2	Sintesis Nanopartikel Emas .....	33
4.3	Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	34
4.3.1	Spektrofotometer Uv-Vis .....	34
4.3.2	<i>X-Ray Diffraction</i> .....	35
4.3.3	<i>Fourier Transform Infrared</i> .....	37
4.3.4	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersi Spectroscopy</i>	39
4.4	Uji Antibakteri .....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		43
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		44
LAMPIRAN .....		51

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang.....	8
2. Penelitian terkait sintesis nanopartikel emas dan aktivitas antibakteri	10
3. Hasil pengujian kualitatif skrining fitokimia .....	16
4. Hasil uji fitokimia ekstrak air daun ubi jalar merah.....	31
5. Hasil Analisa Serapan UV-Vis .....	35
6. Analisis ukuran kristal nanopartikel emas .....	37
7. Data serapan FTIR ekstrak air DUJM dan nanopartikel emas .....	37
8. Jumlah atom dominan pada nanopartikel emas dengan EDX.....	41
9. Hasil pengukuran zona inhibisi pada uji antibakteri.....	42

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Mekanisme sintesis nanopartikel (M+).....	12
2. Daun ubi jalar merah.....	13
3. Reaksi uji alkaloid dengan reagen Dragendorf .....	32
4. Reaksi uji saponin .....	32
5. Reaksi uji flavonoid menggunakan reagen $Pb(CH_3COO)_2$ .....	33
6. Hipotesis mekanisme sintesis nanopartikel emas.....	34
7. Spektra FTIR nanopartikel emas dan ekstrak air daun ubi jalar merah	36
8. Difraktogram XRD dari nanopartikel emas .....	38
9. Bentuk morfologi nanopartikel emas dengan SEM .....	40
10. Hasil analisis EDX AuNP.....	40
11. Hasil pengamatan uji antibakteri.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Bagan kerja pembuatan ekstrak air daun ubi jalar merah .....	51
2. Bagan kerja uji fitokimia ekstrak air daun ubi jalar merah.....	52
3. Bagan kerja pembuatan larutan H <sub>AuCl</sub> <sub>4</sub> .....	53
4. Bagan kerja sintesis nanopartikel emas .....	54
5. Bagan kerja karakterisasi nanopartikel emas hasil sintesis.....	55
6. Bagan kerja penyediaan suspensi bakteri .....	56
7. Bagan kerja pengujian antibakteri.....	57
8. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan XRD....	58
9. Perhitungan Ukuran Partikel.....	59
10. Data Hasil Karakterisasi Ekstrak Air Daun Ubi Jalar Merah Dengan FTIR.....	60
11. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan FTIR ...	61
13. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas 1,5 mM Menggunakan Uv-Vis.....	62
14. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas 1,0 mM Menggunakan Uv-Vis.....	63
15. Data Hasil Karakterisasi Nanopartikel Emas 0,5 mM Menggunakan Uv-Vis.....	64
16. Perhitungan Larutan H <sub>AuCl</sub> <sub>4</sub> .....	65
17. Dokumentasi Kegiatan Penelitian .....	66

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
SEM-EDX	: <i>Scanning Electron Microscopy-energy dispersive X-ray Spectroscopy</i>
nm	: Nanometer
Au	: Emas
AuNPs	: Sintesis Nanopartikel Emas
EGCG	: <i>Epigallocatechin Gallate</i>
mM	: millimolar
UV-Vis	: <i>UV-Visible Spectrometer</i>
mm	: millimeter
DUJM	: Daun ubi jalar merah
NPE	: Nanopartikel Emas

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan nanoteknologi saat ini memegang peranan penting dalam berbagai bidang dan telah mengalami kemajuan secara pesat dan nanoteknologi secara umum dapat didefinisikan sebagai seni merancang, membuat, dan menerapkan struktur atau bahan dengan dimensi nanometer (Patabang dkk., 2019). Nanoteknologi telah menjadi salah satu bidang fisika, kimia, biologi, dan teknik yang penting dan menarik. Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi generasi baru dan memberikan dampak yang signifikan terhadap perkembangan di berbagai bidang (Sharma dkk., 2009).

Nanoteknologi telah banyak diterapkan di berbagai bidang seperti kedokteran, pertanian, perkapalan, dan industri, serta telah menarik perhatian para ilmuwan karena diyakini bahwa penerapan nanoteknologi merupakan era revolusi industri abad ke-21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar (Singh, 2016). Beberapa negara seperti Jepang dan Amerika adalah negara garis depan pada penelitian nanoteknologi. Salah satu perkembangan nanoteknologi adalah penerapan nanopartikel yang telah banyak digunakan dalam bidang lingkungan, elektronik, optik, dan biomedis (Lembang dkk., 2013).

Nanopartikel dengan karakteristik ukuran antara 1-100 nm adalah partikel koloid padat yang mengandung bahan polimer atau materi makromolekul dan memiliki sifat atau fungsi yang unik dengan ukuran kecil serta luas permukaan yang besar (Nath dan Banerjee, 2013). Sifat tersebut memainkan peran penting dalam penggunaan nanopartikel di berbagai bidang seperti pemantauan

lingkungan dan elektronik, serta dapat digunakan dalam pengobatan, dan lain-lain (Kurniasari dan Atun, 2017).

Karakteristik spesifik dari nanopartikel bergantung pada ukuran, distribusi dan morfologi partikel (Masykuroh dan Puspasari, 2020). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel hasil sintesis adalah suhu larutan, konsentrasi garam dan zat pereduksi, serta waktu reaksi. Nanopartikel logam menarik perhatian dalam berbagai aplikasi, termasuk bidang kesehatan dan biomedis sebagai pengobatan kanker dan agen antibakteri (Keat dkk., 2015).

Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia) (Wahyudi dan Rismayani, 2008). Metode *top down* merupakan pemecahan bahan berukuran besar menjadi partikel berukuran nano menggunakan penggiling *ultrafine*, laser, dan penguapan disertai dengan pendinginan. Metode *bottom up* merupakan penggabungan atau mengelompokkan atom, molekul, atau kluster menjadi partikel berukuran nanometer dengan ablasi laser. Kedua metode tersebut membuat nanopartikel yang bersifat toksik dan mahal membuatnya sulit diterapkan, terutama di sektor kesehatan. Oleh karena itu telah dikembangkan metode alternatif sintesis nanopartikel atau nanomaterial berdasarkan konsep *green chemistry* yaitu metode *green synthesis* nanopartikel yang lebih ekonomis dan sedikit atau tidak menimbulkan risiko pencemaran lingkungan, sehingga produknya lebih aman dan ramah lingkungan, serta dapat digunakan di berbagai bidang seperti kesehatan dan biomedis (Schmidt, 2007).

Metode *green synthesis* nanopartikel merupakan metode sintesis nanopartikel logam menggunakan ekstrak bahan alam yang berasal dari hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme baik darat maupun laut sebagai bioreduktor.

Metode ini merupakan salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk menghasilkan nanomaterial ramah lingkungan. Salah satu nanopartikel yang dapat disintesis dengan metode *green synthesis* adalah nanopartikel emas (Ravana dan Arumsari, 2022).

Nanopartikel emas merupakan salah satu nanopartikel logam yang paling sering disintesis dalam bentuk ionik. Ion emas diketahui memiliki aktivitas peredam radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan sel, sehingga secara umum nanopartikel diaplikasikan sebagai biosensor, antibakteri, antioksidan, dan antikanker (Fazrin dkk., 2020). Penentuan sifat nanopartikel ditentukan oleh interaksi dan pembentukan jaringan nanopartikel. Diameter nanopartikel emas bergantung pada total luas permukaan koloid emas. Semakin kecil diameter nanopartikel emas maka semakin tinggi aktivitasnya. Nanopartikel emas memiliki kecenderungan yang sama dengan nanopartikel perak dalam hal struktur kristal karena sifat nanopartikel yang cenderung bergerak gaya yang kuat antar partikel, sehingga partikel-partikel tersebut berkumpul dalam jarak dekat untuk membentuk kelompok. Pembentukan gugus nanopartikel emas dengan bertambahnya waktu kontak berpengaruh terhadap perubahan kerapatan warna koloid nanopartikel emas (Wiyani dkk., 2021).

Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan menggunakan bioreduktor dari mikroorganisme. Metode tersebut memerlukan pemeliharaan kultur yang sulit dilakukan dan diperlukan waktu sintesis yang lama, sehingga digunakanlah tanaman sebagai alternatif untuk menjadi bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas. Menurut Taba dkk. (2019), ekstrak yang mengandung metabolit sekunder seperti terpenoid dan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan dapat berperan sebagai bioreduktor untuk menghasilkan nanopartikel

emas. Pada penelitian ini, dilakukan biosintesis menggunakan bioreduktor daun ubi jalar merah.

Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI (2021), Perkembangan ubi jalar di Indonesia, terdapat di seluruh provinsi di Indonesia. Khususnya di Provinsi Sulawesi Selatan terdapat luas tanam ubi jalar sebesar 2.660 ha dengan produktivitas ubi jalar sebesar 25,50 ton/ha. Pemanfaatan komoditas ubi jalar hanya terpaku pada umbi sehingga mengakibatkan daun ubi jalar kurang dimanfaatkan dan menjadi limbah.

Daun ubi jalar merah mengandung senyawa aktif saponin, flavonoid, dan polifenol (Darwis dkk., 2009). Selain digunakan sebagai bioreduktor, senyawa ini juga memiliki bioaktivitas sebagai antibakteri. Selain itu daun ubi jalar merah mengandung senyawa antosianin sebagai antioksidan yang menghambat oksidasi racun (Wahyudin dkk., 2019).

Penelitian tentang efek farmakologis tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas L var. Poir*) telah dilakukan oleh Permatasari (2015) yaitu melihat aktivitas antimikroba ekstrak etanol daun ubi jalar terhadap bakteri *Streptococcus pyogenes*, dengan perlakuan mulai dari konsentrasi 2%, 4%, 8%, 16%, 32% didapatkan hasil bahwa ekstrak etanol daun ubi jalar merah (*Ipomoea batatas L var. Poir*) memiliki aktivitas antibakteri mulai dari konsentrasi 2%, sedangkan infusa daun ubi jalar merah memiliki aktivitas antibakteri mulai dari konsentrasi 4%. Hasil senyawa aktif menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun ubi jalar merah mengandung senyawa metabolit sekunder.

Berdasarkan uraian di atas melalui proses nanomaterial, diharapkan agar bioaktivitas ekstrak yang terkonsentrasi dengan nanopartikel emas memiliki bioaktivitas yang lebih besar, maka dilakukan penelitian untuk mensintesis nanopartikel emas dengan memanfaatkan ekstrak daun ubi jalar merah (*Ipomea*

*batatas Poir*) sebagai bioreduktor serta uji aktivitasnya sebagai antibakteri terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. senyawa metabolit sekunder apa yang terdapat pada ekstrak air daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) ?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel emas yang dihasilkan dengan memanfaatkan bioreduktor ekstrak air daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*)?
3. bagaimana efektivitas antibakteri nanopartikel emas hasil sintesis dari ekstrak air daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) ?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mensintesis nanopartikel emas dan mengetahui potensi ekstrak daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas dan menguji bioaktivitasnya sebagai antibakteri.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. mengesktrak daun ubi jalar merah dengan menggunakan pelarut air dan identifikasi metabolit sekunder dengan uji fitokimia,

2. mengkarakterisasi nanopartikel emas yang dihasilkan dengan memanfaatkan bioreduktor ekstrak air daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*),
3. menguji bioaktivitas antibakteri nanopartikel emas hasil sintesis dari ekstrak air daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var. Poir*).

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai potensi ekstrak daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas L var Poir*), sebagai bioreduktor untuk mensintesis nanopartikel emas dan potensi nanopartikel emas sebagai antibakteri serta diharapkan dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel emas yang ramah lingkungan (*green synthesis*) dan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang khususnya dalam bidang kesehatan dan biomedis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Nanopartikel**

Nanopartikel adalah partikel dengan ukuran antara 1-100 nm dan memegang peranan penting dalam bidang nanoteknologi. Nanopartikel yang direkayasa dapat berupa logam, oksida logam semikonduktor, polimer, bahan karbon, atau senyawa organik. Nanopartikel berupa bahan yang berfungsi sebagai *building blok* untuk berbagai aplikasi teknologi di bidang lingkungan, energi, kesehatan, biomedis, dan industri (Handayani dkk., 2010). Sampai saat ini, ada kecenderungan pengembangan dan peningkatan kualitas makanan fungsional. Penelitian ini berkembang sangat pesat dalam beberapa jenis seperti *nanomedicine*, nanoemulsi, nanopartikel (Prasetiowati dkk., 2018).

Nanopartikel diketahui bertindak sebagai pembawa obat dengan bahan aktif yang teridentifikasi senyawa aktifnya telah terlarut, terjerat dan terenkapsulasi. Nanopartikel yang banyak mendapat perhatian adalah nanopartikel logam karena aplikasinya yang luas di bidang optik, elektronik, katalisis, dan kedokteran (Kurniasari dan Atun, 2017). Secara kimia, nanopartikel jauh lebih reaktif daripada molekul biasa karena luas permukaannya yang besar dan lapisan permukaan yang kuat. Selain itu, berdasarkan hukum fisika klasik, ukuran nanopartikel di bawah 50 nm menyebabkan efek kuantum, menciptakan ilusi optik, dan menunjukkan perilaku listrik dan magnet yang berbeda dari bahan biasa (Mittal, 2011) Nanopartikel logam memiliki sifat optik dan elektronik yang tidak ditemukan pada ukuran makroskopik. Hanya elektron dengan elektron bebas yang

menunjukkan resonansi plasmon dalam spektrum cahaya tampak yang dapat menghasilkan warna yang baik. Ukuran partikel dan distribusinya merupakan sifat penting dari sistem nanopartikel (Kurniasari dan Atun, 2017). Beberapa aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang tercantum dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang (Pal dkk., 2011)

No.	Bidang	Aplikasi
1	Tekstil	Bahan anti noda, bahan penutup luka, bahan penghantar listrik, serta polimer alami/sintesis.
2	Kesehatan dan biomedis	Obat, alat kesehatan, terapi kanker, biomarker, antimikroba pengantar obat, antibakteri.
3	Industri	Katalis bahan kimia, cat, pigmen nano, tinta nano, teknik refraktif indeks, bahan penghantar listrik. Katalis bahan kimia, cat, pigmen nano, tinta nano, teknik refraktif indeks, bahan penghantar listrik.
4	Pangan dan pertanian	Nautrasilitikal, fungisida, katalis pemroses makanan, sensor analisis keamanan pangan dan pengemas makanan.
5	Elektronik	Sensor dengan sensitivitas tinggi, <i>computer quantum</i> , sensor kimia, sensor gas, magnet berkekuatan tinggi, laser kuantum.
6	Lingkungan	Sensor pengawas polusi, katalis lingkungan, penangkap polutan, penanganan air limbah, penyaring pemurnian air dan udara.
7	Energi	Katalis fuel cell, fotokatalis produksi hidrogen, katalis zat tambah bahan bakar, biosensor, senjata, peningkatan sensorik.

## 2.2 Sintesis Nanopartikel Emas

Emas adalah elemen yang umum digunakan dalam perhiasan, koin, elektronik, dan lain-lain. Emas dalam ukuran besar merupakan bahan inert karena tidak menimbulkan korosi. Logam emas juga merupakan konduktor listrik dan termal yang sangat baik. Selain itu, emas juga banyak digunakan dalam pengobatan. Semua sifat emas telah menarik perhatian para ilmuwan untuk membuat nanopartikel emas dengan ukuran lebih kecil, sehingga dapat digunakan

di area yang tidak dapat dilewati oleh ukuran emas besar, sekaligus menemukan fungsi baru (Boysen dkk., 2011).

Emas (Au) dapat disintesis secara kimia dengan mereduksi emas menjadi bentuk garam emas, atau disintesis secara fisik menjadi emas curah.  $\text{HAuCl}_4$  memiliki keunggulan dibandingkan bentuk emas curah yang menunjukkan sifat optik dan elektronik yang kurang beracun. Larutan emas (Au) menunjukkan kisaran warna dari merah, coklat hingga ungu seiring dengan peningkatan ukuran inti dari 1-100 nm (Wiyani dkk., 2021).

Nanopartikel emas (AuNP) adalah nanopartikel yang sangat menarik dibandingkan dengan nanopartikel logam lainnya karena kemudahan sintesisnya, toksisitas rendah, stabilitas kimiawi, dan sifat optiknya yang unik. Selain itu, AuNP juga dianggap sebagai kelas bahan nano yang menjanjikan untuk beragam aplikasinya. Contoh aplikasi tersebut termasuk penggunaan sebagai katalis, biosensor, agen penghantaran obat untuk kemoterapi dan radioterapi kanker, agen antibakteri, agen fototermal, dan lain-lain (Aljabali dkk., 2018).

Sintesis Nanopartikel emas (AuNPs) adalah material yang berukuran kecil, tetapi ketersediaannya dalam jumlah besar penting karena banyak digunakan dalam aplikasi komersial dan industri (Khan, 2018). Tingkat oksidasi emas meliputi  $\text{Au}^{1+}$  (Aurous),  $\text{Au}^{+3}$  (Auric/Auric), dan  $\text{Au}^0$  tidak teroksidasi.  $\text{Au}^0$  adalah keadaan akhir yang diinginkan dari nanopartikel. Oleh karena itu, langkah utama dalam sintesis nanopartikel emas adalah reduksi  $\text{Au}^{+1}$  atau  $\text{Au}^{+3}$  menjadi  $\text{Au}^0$  dengan menambahkan donor elektron (zat pereduksi) ke dalam reaksi. Senyawa pilihan bagi sebagian besar peneliti adalah asam kloroaurat ( $\text{HAuCl}_4$ ) yang mengandung emas dalam keadaan oksidasi  $\text{Au}^{+3}$  (Fazrin dkk., 2020).

Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan berbagai metode kimia seperti fotokimia, reduksi kimia dan sonokimia, namun produksi nanopartikel ramah lingkungan telah dikembangkan secara intensif. Biosintesis dengan proses reduksi dalam pembuatan nanopartikel emas merupakan proses sebagai reduktor. Pemanfaatan tumbuhan sebagai bioreduktor merupakan salah satu alternatif dalam sintesis nanopartikel emas (Sovawi, 2016). Beberapa penelitian mengenai sintesis nanopartikel emas tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Penelitian terkait sintesis nanopartikel emas dan aktivitas antibakteri (Ravana dkk., 2022)

<b>Jenis Tumbuhan</b>	<b>Senyawa pereduksi</b>	<b>Jenis Bakteri</b>
Bunga <i>Clitoria ternatea</i>	Flavonol, antosianin	<i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Escherichia coli</i>
Daun <i>Malva vertic illata</i>	Asam galat, kuersetin	<i>Aeromonas hidrophila</i> , <i>Aeromonas salmonicida</i>
Kulit kayu <i>Pterocarpus santalinus L</i>	Alkaloid, saponin, terpenoid, steroid glikosida, fenol, flavonoid, tanin, antosianin	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Daun <i>Vitex negundo</i>	Alkaloid, asam ursolat, asam benzoat, nishindine	<i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Daun <i>Bauhinia purpurea</i>	Glikosida, saponin, fenolat, tanin, flavonoid	<i>Aeruginosa aureus</i>

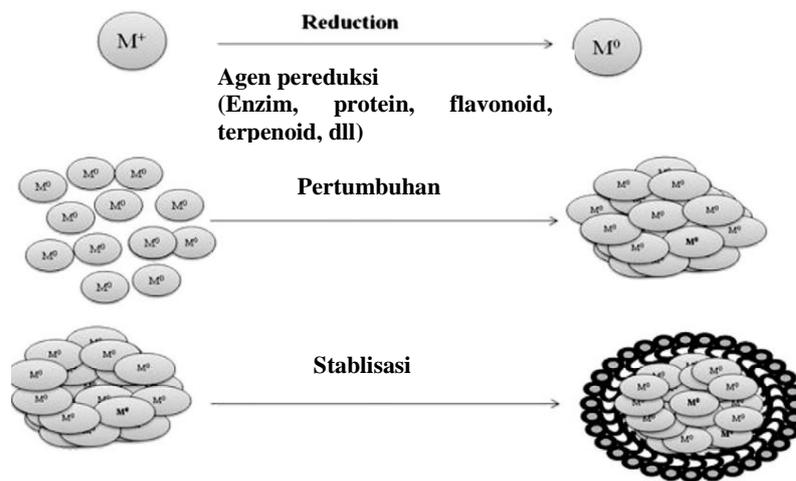
Nanopartikel emas (AuNP) dapat diproduksi secara alami sesuai prinsip ramah lingkungan (*green synthesis*) dengan memanfaatkan alam salah satunya ekstrak tanaman. *Green synthesis* merupakan solusi yang dapat mengatasi kekurangan metode fisik dan kimia karena nanopartikel dapat disintesis dengan

murah, ramah lingkungan, dapat dilakukan dalam skala besar, tidak memerlukan tekanan atau suhu tinggi, serta tidak menggunakan zat berbahaya. Metode ini menggunakan proses sederhana yang menggunakan ekstrak biologis dari bakteri, tumbuhan, hewan, virus dan berbagai sumber alam lainnya. Metode ini juga melibatkan proses reduksi ion logam menjadi logam dengan bilangan oksidasi 0 menggunakan ekstrak bahan alam sebagai reduktor. Bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan pereduksi ion logam antara lain bahan alam dari lingkungan darat, bahan alam laut, mikroorganisme, dan sejenisnya (Ramkumar dkk., 2016).

Metode untuk mensintesis nanopartikel dengan *green synthesis* meliputi metode polisakarida, yang menggunakan air dan polisakarida sebagai agen pereduksi, dan metode Tollens, yang menggunakan sakarida dalam amonia untuk mereduksi logam. Ada juga proses iradiasi yang dapat dilakukan pada suhu kamar tanpa menggunakan zat pereduksi, proses polioksometalat menggunakan reaksi redoks multielektron inert, dan proses biologis. Metode biologis menggunakan ekstrak agen biologis (tanaman, hewan, mikroorganisme). Senyawa seperti asam amino, vitamin, protein, enzim, polisakarida, flavonoid, terpenoid, keton, aldehida, asam karboksilat, dan amida dalam ekstrak bertindak sebagai agen pereduksi atau pelindung dalam produksi nanopartikel logam. Senyawa yang larut dalam air dan berpartisipasi dalam reduksi spontan adalah flavonoid, asam organik, dan kuinon (Keat dkk., 2015)

Ekstrak tumbuhan berpotensi untuk mensintesis nanopartikel dikarenakan pada tumbuhan terdapat metabolit sekunder seperti flavonoid dan tanin yang dapat mereduksi zat menjadi ukuran nanopartikel. Sebagai bioreduktor, zat alami berkontribusi pada pengurangan reduktor anorganik. Bioreduktor ini memiliki

keunggulan seperti bahan alami, tidak menghasilkan produk sampingan atau hanya produk samping yang ramah lingkungan yang mudah dipisahkan dan dipulihkan. *green synthesis* nanopartikel emas bergantung pada kemampuan kelompok aktif produk alami untuk mereduksi logam makroskopik menjadi ukuran nanopartikel. Terbentuknya nanopartikel emas ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi ungu kemerahan. Selain itu, pengukuran menggunakan spektroskopi UV-Vis menghasilkan panjang gelombang puncak pada kisaran 500-600 nm (Yasser dan Widiyanti, 2019).



**Gambar 1.** Tahapan sintesis nanopartikel ( $M^+$ ) (Mittal dkk., 2013)

Gambar 1 menunjukkan tahapan biosintesis nanopartikel logam yang terdiri dari tiga langkah. Tahap pertama adalah tahap aktivasi, proses reduksi ion logam dari keadaan oksidasi monovalen atau divalen menjadi keadaan oksidasi 0, diikuti dengan nukleasi atom logam tereduksi. Proses ini menggunakan zat pereduksi yang terdapat pada ekstrak bahan alam. Tahap kedua adalah tahap pertumbuhan, dimana nanopartikel kecil bergabung membentuk partikel yang lebih besar (nanotube, nanoprisms, nanohexahedrons, dan bentuk lainnya). Langkah ini melibatkan peningkatan stabilitas termodinamika dari nanopartikel yang terbentuk. Langkah terakhir adalah langkah terakhir yang menentukan

bentuk akhir dari nanopartikel. Langkah ini dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak dari sumber alam untuk menstabilkan nanopartikel logam.

## 2.3 Ubi Jalar Merah (*Ipomea batatas L var. Poir*)

### 2.3.1 Morfologi Ubi Jalar Merah

Ubi jalar (*Ipomea batatas Poir*) merupakan tumbuhan dikotil yang termasuk dalam famili *Convolvulaceae*. Ubi jalar adalah semak bercabang dengan bunga berbentuk payung dengan daun segitiga berliku-liku. Secara umum, ubi jalar terbagi dalam dua golongan, yaitu ubi jalar yang berumbi keras (mengandung banyak pati) dan ubi jalar yang berumbi lunak (mengandung banyak air). Ubi jalar disebut *Ipomoea batatas Poir* dalam bahasa Latin (Winarsih dan Hery, 2015).

Menurut Juanda dan Cahyono (2000), batang ubi jalar tidak berkayu dan lunak, batangnya bergabus dan terasnya bulat. Batang ubi jalar memiliki ketebalan yang bervariasi dari besar, sedang dan kecil. Batang ubi jalar ada yang berbulu dan ada yang tidak berbulu. Warna batang ubi jalar bervariasi antara hijau dan ungu. bentuk umbi dan daun ubi jalar merah dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Daun ubi jalar merah (Purbasari dan Sumadji, 2018)

Daun ubi jalar (*Ipomoea batatas Poir*) merupakan tanaman berbentuk hati yang biasa tumbuh di daerah beriklim tropis. Daun ubi jalar memiliki panjang 4-15 sentimeter dan lebar 3-11 sentimeter. Daun ubi jalar berwarna hijau zaitun dengan tepi halus dan batang panjang. Tergantung varietasnya, daun ubi jalar berbentuk hati, lonjong, atau runcing. Daun ubi jalar berbentuk hati, dengan tepi rata dan lekukan atau jari yang dangkal. Daun ubi jalar berbentuk lonjong dengan tepi rata dan alur dangkal atau dalam. Daun ubi jalar berbentuk bulat dan runcing, dengan tepi daun rata dan alur dangkal atau dalam. Daun ubi jalar memiliki pertulangan menyirip, posisi daun tegak dan agak pipih, dengan batang tunggal melekat pada batang. Ukuran daun (lebar dan panjang) tergantung varietasnya. Bukaan daun ubi jalar (stomata) tersebar merata. Varietas ubi jalar yang daunnya lebar lebih produktif dibandingkan dengan yang daunnya lebih kecil. Ini karena semakin lebar daun, semakin efisien fotosintesis berlangsung (Juanda dan Cahyono, 2000).

### **2.3.2 Taksonomi Ubi Jalar Merah**

Tanaman ubi jalar merah dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ubi jalar tumbuh dengan baik dan memiliki kondisi iklim yang sesuai selama pertumbuhan sehingga menghasilkan hasil yang tinggi. Suhu minimum 16 °C, suhu maksimum 40 °C, dan suhu optimum 21-27 °C. Pertumbuhan terhambat di luar kisaran suhu optimum. Ubi jalar umumnya ditanam di dataran rendah dengan suhu rata-rata 27 °C (kurang dari 500 mdpl), dan ditanam dalam jumlah kecil di daerah pegunungan dengan ketinggian 1700 m dan curah hujan

750-1500 mm/tahun. Lingkungan tumbuh ubi jalar memiliki sedikit perbedaan suhu antara siang dan malam (Prasetya dkk., 2022).

Menurut Milind dan Monika (2015), taksonomi tanaman ubi jalar merah dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledonae  
Ordo : Convolvulales  
Famili : Convolvulaceae  
Genus : *Ipomoea*  
Spesies : *Ipomoea batatas L var. Poir*

Daun ubi jalar merupakan salah satu tanaman yang ditanam secara besar-besaran oleh petani Indonesia, namun pemanfaatan hasil samping berupa daun ubi jalar kurang dimanfaatkan secara optimal (Trinanda dkk., 2019). Daun ubi jalar yang berbentuk bulat memiliki tepi daun rata, berlekuk dangkal atau menjari. Daun ubi jalar yang berbentuk bulat lonjong memiliki tepi daun rata. Berlekuk dangkal atau berlekuk dalam. Sedangkan daun ubi jalar berbentuk bulat runcing memiliki tepi daun rata, berlekuk dangkal atau berlekuk dalam. Di beberapa daerah, ubi jalar biasa digunakan untuk menggantikan beras, tanaman pangan pokok. Sebagai tanaman obat, ubi jalar digunakan sebagai obat tradisional demam berdarah dan demam berdarah dengue (DBD) karena mengandung senyawa yaitu flavonoid, terpenoid, steroid, tanin, alkaloid, dan saponin. Menurut Darwis dkk.

(2009), daun ubi jalar merah mengandung banyak senyawa dengan bioaktivitas antibakteri.

Menurut Yudiono (2019), daun ubi jalar mengandung senyawa antosianin, salah satu turunan dari senyawa fenolik yang tergolong flavonoid, yang memberikan warna pada daun ubi jalar. Senyawa ini memiliki aktivitas biologis yang menghambat sel-sel beracun. Tanaman ubi jalar memiliki banyak varietas, antara lain ungu, putih, jingga, dan kuning, serta umbinya dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan dan memiliki kandungan vitamin yang sangat baik. Berikut hasil uji kualitatif skrining fitokimia ekstrak daun jalar merah (*Ipomea batatas Poir*) tercantum pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kualitatif Skrining Fitokimia (Lidyawati dkk., 2021)

Jenis Pengujian	Hasil Uji
Alkaloid	+
Flavonoid	+
Tanin	+
Saponin	+
Terpenoid	+
Steroid	+

Pemanfaatan tumbuhan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan. Beberapa jenis tumbuhan tertentu mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai agen pereduksi (Handayani dkk., 2010).

Daun ubi jalar merah (*Ipomea batatas Poir*) dalam pengaplikasiannya dapat dimanfaatkan sebagai bioreduktor dengan memanfaatkan kandungannya berupa flavonoid, tanin, dan kadar gugus fungsi polifenol seperti *epigallocatechin gallate* (EGCG) yang tinggi yang terdapat pada daun ubi jalar merah (*Ipomea*

*batatas Poir*) dalam mensintesis nanopartikel emas. Bioreduktor bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil ion, proses ini dapat diklasifikasikan sebagai salah satu produksi partikel skala nano berbasis bioteknologi menggunakan prinsip kerja fisika dan kimia (Adzani dan Ari, 2020). Gugus –OH dan –NH pada metabolit sekunder di daun ubi jalar merah dapat mendonorkan elektron ke  $Au^{+3}$  membentuk  $Au^0$ , yang kemudian diubah menjadi nanopartikel emas. Senyawa polifenol dalam EGCG yang terkandung dalam daun ubi jalar merah memiliki gugus fungsi yang disebut OH, yang digunakan sebagai reduktor dalam biosintesis (Nugroho dkk., 2021).

#### **2.4 Tinjauan Umum Bakteri Uji**

Bakteri adalah organisme bersel tunggal yang sangat kecil dengan ukuran mulai dari 0,5 hingga 3,0 mikron. Bakteri tidak memiliki lapisan membran inti, sehingga kromosom (DNA dan RNA) berada di sitoplasma. Bakteri dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan struktur membran selnya. Bakteri gram negatif dan gram positif. Bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan tipis (2-3 nm) yang terjepit di antara lipopolisakarida, lapisan membran luar, dan periplasma (antara lapisan luar dan membran sitoplasma). Bakteri gram positif, sebaliknya, memiliki dinding sel yang tersusun dari lapisan peptidoglikan yang tebal (Nalawati, 2015).

Bakteri diklasifikasikan berdasarkan sifatnya menjadi dua kategori yaitu bakteri berbahaya atau patogen dan bakteri menguntungkan. Bakteri patogen sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat merusak jaringan manusia dan membentuk racun di dalam tubuh (Mittal, 2011).

Bakteri mempunyai beragam karakteristik yang berbeda, oleh karena itu didalam proses mempelajari dan memahami bakteri dalam suatu kelompok tertentu diperlukan identifikasi. Identifikasi dilakukan dengan mencari ciri pada organisme yang belum diketahui kemudian dibandingkan dengan organisme yang telah diketahui. Identifikasi mikroorganisme yang baru saja diisolasi sangat memerlukan perincian, deskripsi, dan perbandingan yang sangat rinci dan jelas dengan deskripsi yang telah dipublikasikan sebelumnya untuk jasad-jasad renik lain yang mempunyai kesamaan jenis (Pelczar dan Chan, 2008).

#### **2.4.1 Bakteri *Bacillus subtilis***

Klasifikasi *Bacillus subtilis* menurut Madigan (2005) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria  
Phylum : Firmicutes  
Classis : Bacilli  
Ordo : Bacillales  
Family : Bacillaceae  
Genus : *Bacillus*  
Species : *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* merupakan bakteri gram positif yang dapat membentuk endospora yang berbentuk oval di bagian sentral sel. Hasil uji pewarnaan gram menunjukkan bahwa *B. subtilis* merupakan bakteri gram positif karena menghasilkan warna ungu saat ditetesi dengan larutan KOH. Berdasarkan sifat pertumbuhannya, *B. subtilis* bersifat mesofilik. Bakteri *B. subtilis* menghasilkan

enzim protease, amilase, lipase, serta kutinase sebagai enzim pengurai dinding sel patogen (Hatmanti, 2000).

#### **2.4.2 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa***

Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa* menurut Siegrist (2010) sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria  
Phylum : Proteobacteria  
Classis : Gamma Proteobacteria  
Ordo : Pseudomonadales  
Family : Pseudomonadaceae  
Genus : *Pseudomonas*  
Species : *Pseudomonas aeruginosa*

Karakteristik bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah berbentuk batang (rods) atau kokus (coccus), aerob obligat, motil mempunyai flagel polar dan merupakan bakteri gram negatif. Bakteri genus ini memproduksi beberapa enzim seperti protease, amilase, dan lipase. Selain itu bakteri *Pseudomonas aeruginosa* juga dapat menguraikan protein, karbohidrat dan senyawa organik lain menjadi CO<sub>2</sub>, gas amoniak, dan senyawa-senyawa lain yang lebih sederhana (Suyono dan Farid, 2011).

#### **2.5 Antibakteri**

Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk menghambat bakteri. Antibakteri biasanya ada dalam tubuh sebagai metabolit sekunder. Mekanisme senyawa antimikroba umumnya melalui kerusakan dinding sel, perubahan permeabilitas membran, gangguan sintesis protein, dan penghambatan kerja enzim

(Pelczar dan Chan, 2008). Senyawa antibakteri merupakan senyawa yang menghambat pertumbuhan atau metabolisme bakteri. Berdasarkan sifat racunnya, antibakteri membunuh bakteri (bakterisida) dan menghambat pertumbuhannya (bakteriostatik). Antibakteri bakteriostatik hanya menghambat pertumbuhan bakteri dan tidak mematikan, sedangkan bakterisidal dapat membunuh bakteri. Agen bakteriostatik memiliki efek bakterisidal pada konsentrasi tinggi. Antibakteri berspektrum luas jika dapat membunuh bakteri Gram positif dan Gram negatif, antibiotik spektrum sempit jika hanya membunuh bakteri Gram positif atau Gram negatif, antibiotik spektrum sempit jika efektif melawan jenis bahan bakteri tertentu (Purmaningsih dkk., 2017).

Senyawa yang terlibat dalam kerusakan dinding sel antara lain fenol, flavonoid, dan alkaloid. Dinding sel sebagai bagian dari pertahanan sel bakteri mengalami kerusakan. Artinya, metabolit sekunder dapat menembus lebih dalam dan merusak organel lainnya. Selaput sel yang terletak di dalam dinding sel dapat dirusak oleh senyawa fenolik, flavonoid, dan saponin. Beberapa senyawa tersebut dapat memecah fosfolipid menjadi gliserol, asam karboksilat, dan fosfat, sehingga membuat membran tidak dapat mempertahankan bentuknya, menyebabkan membran bocor dan memungkinkan zat masuk dan keluar sel secara tidak terkendali, dapat mengganggu metabolisme dan melisis bakteri. Senyawa tanin memiliki mekanisme untuk mengkoagulasi dan mendenaturasi protein, menghambat enzim *reverse transcriptase* dan *DNA topoisomerase*, serta mencegah pembentukan sel bakteri (Dewi dkk., 2014)

Nanopartikel logam adalah bahan yang efektif untuk memerangi mikroorganisme patogen dan resisten antibiotik. Nanopartikel memiliki sifat unik yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi biomedis dan industri. Aplikasi nanopartikel termasuk pencitraan, manufaktur farmasi, elektronik, kosmetik,

pelapis, perbaikan lingkungan, pengiriman obat dan gen yang ditargetkan, theranostics, vaksin, dan biosensor (Bognadovic dkk., 2014).

Salah satu alasan mengapa para ilmuwan tertarik untuk mensintesis nanopartikel emas adalah kemampuan nanopartikel tersebut untuk dieksplorasi sebagai agen antibakteri. AuNP diketahui memiliki efek penghambatan pada berbagai jenis bakteri dan mikroorganisme, terutama yang ditemukan dalam proses medis dan industri. Nanopartikel ini adalah obat kuat dengan toksisitas rendah terutama untuk sel mamalia, salah satu sifat terpenting dalam bidang biomedis (Shamaila dkk., 2016).

Ada banyak penelitian yang berhasil menunjukkan sifat antibakteri dari sintesis nanopartikel emas. Penelitian telah menunjukkan bahwa uji antibakteri menggunakan senyawa pereduksi yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel emas tidak menunjukkan sifat antibakteri sama sekali. Namun, nanopartikel yang diperoleh menunjukkan aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri maksimum diperoleh dengan mensintesis nanopartikel emas pada konsentrasi 300 µg/mL dengan zona hambat 19 mm, 17 mm, dan 16 mm pada *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Bacillus subtilis* (Senthilkumar dkk., 2017).

## **2.6 Karakterisasi Nanopartikel**

### **2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometer UV-Vis adalah teknik untuk mengukur cahaya yang diserap dan dihamburkan oleh sampel. Karakterisasi awal nanopartikel hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Penipisan ion logam yang terjadi pada proses sintesis nanopartikel diperkirakan dengan

mengukur langkah-langkah penyerapan menggunakan spektroskopi UV-Vis (Singh, 2016).

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan apakah nanopartikel yang disintesis terbentuk. Karakterisasi Nanopartikel menunjukkan penyerapan yang kuat pada panjang gelombang antara 500-600 nm (Solomon dkk., 2007). Secara umum prinsip spektroskopi UV-Visibel yaitu membandingkan intensitas cahaya sebelum dan sesudah melewati sampel (Lubis, 2015)

### **2.6.2 *Fourier Transform Infra Red***

Menurut Lubis (2015), FTIR merupakan analisis interaksi molekul menggunakan panjang gelombang radiasi elektromagnetik pada interval panjang gelombang 0,75-1000  $\mu\text{m}$  atau pada bilangan gelombang 13.000-10  $\text{cm}^{-1}$ . FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terlibat dalam reduksi logam dalam sintesis nanopartikel. Analisis gugus fungsi memungkinkan untuk mengetahui kelompok metabolit sekunder mana yang bertindak sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel (Uner, 2015).

### **2.6.3 *X-Ray Diffraction***

Analisis *X-ray Diffraction* (XRD) dapat memberikan informasi tentang struktur sampel, sistem kristal, parameter kisi, dan orientasi. Analisis ini juga membantu mengidentifikasi campuran meliputi fase sampel semi-kuantitatif dengan menghitung fraksi volume sampel, rasio fraksi area kristal dengan fraksi area total (Irvina dkk., 2009). Data yang diperoleh dari analisis XRD berupa plot sudut difraksi sinar-X sampel terhadap intensitas cahaya yang dipantulkan (Ramkumar dkk., 2016).

Identifikasi fase dan karakterisasi struktur kristal nanopartikel dapat dilakukan dengan menggunakan XRD. Sinar-X menembus serbuk nanopartikel dengan laju yang diamati 0,02/menit. Hasil berupa informasi struktural dengan membandingkan hasil pola difraksi dengan standar (Ramkumar dkk., 2016).

#### **2.6.4 *Scanning Electron Microscopy***

Menurut Lubis (2015), *Scanning Electron Microscopy* adalah sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, yang memiliki perbesaran 10-3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. *Scanning Electron Microscopy* adalah jenis mikroskop elektron di mana sinar elektron berenergi tinggi dipindai dalam pola pemindaian raster untuk menggambarkan spesimen (Ponarulselvam dkk., 2012).