

Skripsi

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BIJI KLUWAK (*Pangium edule Reinw.*) DAN UJI
AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

MELSYA OTONG

H311 16 519



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BIJI KLUWAK (*Pangium edule Reinw.*) DAN UJI
AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

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

Oleh

MELSYA OTONG

H31116519



MAKASSAR

2020

SKRIPSI

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK BIJI KLUWAK (*PangiumeduleReinw.*) DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

Disusun dan diajukan oleh

MELSYA OTONG

H31116519

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Pertama

Dr. Seniwati Dali, M.Si
NIP. 19581231 198803 2 003

Mengetahui
Ketua Program Studi Kimia

Dr. Abd. Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MELSYA OTONG

Nomor Mahasiswa : H31116519

Program Studi : KIMIA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 27 November 2020



MELSYA OTONG

PRAKATA

Segala puji dan syukur hanya kepada Tuhan Yesus Kristus oleh karena berkatNya, kasih dan setiaNya selalu nyata sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan yang berjudul **“Sintesis Nanopartikel Perak Dengan Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Biji Kluwak (*Pangium edule Reinw*) Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri”**. Laporan hasil merupakan salah satu syarat dasar untuk menempuh ujian sidang sarjana di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini dipersembahkan khusus untuk kedua orangtua saya **Otong Ali** dan **Bertha Luku'** sebagai bentuk terima kasih atas kasih sayang, keikhlasan, dan kesabaran membimbing, mendidik, dan mengarahkan penulis baik secara moril dan material disertai dengan doa yang tulus yang mengantarkan penulis mencapai cita-cita, serta saudaraku **Yiska** dan **Iksan** yang selalu memberi inspirasi, doa dan dukungan untuk tetap bertahan menghadapi setiap tantangan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada **Bapak Dr. Syahrudin Kasim, M.Si** selaku Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik dan Ibu **Dr. Seniwati Dali, M.Si** selaku Pembimbing Pertama, terimakasih atas bimbingan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu yang begitu berharga serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Selama menyusun laporan hasil penelitian ini maupun dalam mengikuti kegiatan akademik lainnya, banyak pihak-pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-

besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, doa serta semangat yang sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terimakasih yang tulus penulis sampaikan kepada yang terkasih dan terhormat:

1. Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A** sebagai Rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak **Dr. Eng, Amiruddin** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta staf yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam rangka penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Abd Karim, M.Si** dan **Dr. St Fauziah M.Si** sebagai Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, seluruh Dosen yang telah membagi ilmunya serta staf Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh Dosen yang telah membagi ilmu
4. **Dr. Paulina Taba, M. Phill** dan **Drs. Fredryk Mandey, M.Sc** selaku penguji. Terima kasih atas saran dan kritikan yang membangun.
5. Seluruh analis laboratorium, **Pak Sugeng, Ibu Kartini, Kak Linda, Kak Fiby, Kak Anti, Kak Hanna, dan Kak Heryanto**. Terima kasih atas bantuan yang telah diberikan selama penelitian.
6. Rekan penelitian **Miftahul Rahmah** terima kasih atas kerjasama dan bantuannya.
7. Teman-teman peneliti kimia anorganik dan kimia organik yang selalu mendukung, memotivasi, dan membantu saya selama mengerjakan penelitian
8. **Kak Nurmilasari, Kak Indrawati, dan Kak Bahrn** terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.

9. Teman-teman **Kimia 2016**, terima kasih untuk dukungan dan semangat yang diberikan selama ini.
10. Teman-teman sepergerakan Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia (GMKI) Komisariat FMIPA UNHAS. Terimakasih atas pengkaderannya, terimakasih untuk cinta dan kasih sayang dari kakak-kakak, teman-teman, adik-adik yang senantiasa penulis rasakan. Untuk pengurus yang pernah ada terimakasih untuk doa-doanya, Ut Omnes Unum Sint. Tuhan Yesus Memberkati.
11. KKN Gel. 102 Kabupaten Sinjai, Kecamatan Sinjai Selatan, Posko Desa Aska, terima kasih untuk kebersamaan dan pengalaman berharganya selama KKN.

Dalam penyusunan ini, penulis menyadari penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan dengan berbagai kekurangan dan keterbatasan yang ada. Oleh karena itu, untuk kesempurnaan laporan hasil penelitian ini penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat menjadi berkat dan bermanfaat bagi pembaca.

Makassar, November 2020

Penulis

ABSTRAK

Berbagai metode telah dikembangkan untuk sintesis nanopartikel diantaranya adalah metode reduksi berbasis biosintesis yang menggunakan reduktor senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme hidup. Dalam penelitian ini sintesis nanopartikel perak telah dilakukan dengan mereaksikan prekursor ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai bioreduktor dan AgNO_3 2 mM. Nanopartikel dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, FTIR, *X-Ray Diffraction* dan *Particle Size Analyzer* (PSA) serta pengujian bioaktivitas sebagai antibakteri terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*. Karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui pembentukan nanopartikel yang ditandai dengan munculnya puncak absorbansi pada kisaran panjang gelombang 440-460 nm. Perbandingan spektrum FTIR ekstrak biji kluwak dan nanopartikel perak menunjukkan adanya kontribusi gugus fungsi OH dalam mereduksi ion perak ditandai dengan adanya penurunan intensitas absorbansi pada daerah bilangan gelombang 3400 cm^{-1} . Difraktogram pada pengujian menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan puncak difraksi pada (2θ) 38,84, 44,08, 64,45, 77,56 dengan indeks miller {111} {200} {220} dan {311} dengan diameter kristal berkisar antara 43,56-52,89 nm. Distribusi ukuran nanopartikel pada pengujian menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan partikel berukuran 59,0 nm. Nanopartikel perak memiliki diameter zona hambat 11 mm terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan 12 mm terhadap *Bacillus subtilis*.

Kata kunci: antibakteri, bioreduktor, nanopartikel perak, *Pangium edule Reinw*

ABSTRACT

Various methods have been developed for the synthesis of nanoparticles, including a biosynthesis-based reduction method that uses reducing agents produced by living organisms. In this study, the synthesis of silver nanoparticles was carried out by reacting the kluwak seed extract precursor (*Pangium edule* Reinw) as a bioreductor and AgNO_3 2 mM. Nanoparticles were characterized using a UV-Vis spectrophotometer, FTIR, X-Ray Diffraction and Particle Size Analyzer (PSA) as well as bioactivity testing as antibacterial against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. Characterization using a UV-Vis spectrophotometer was carried out to determine the formation of nanoparticles which is characterized by the appearance of absorbance peaks in the range of 440-460 nm of wavelength. The comparison of the FTIR spectrum of kluwak seed extract and silver nanoparticles showed the contribution of the OH functional group in reducing silver ions indicated by a decrease in the absorbance intensity in the region of the wave number 3400 cm^{-1} . The diffractogram test using X-Ray Diffraction (XRD) showed diffraction peaks at (2θ) 38.84, 44.08, 64.45, 77.56 with miller indexes {111} {200} {220} and {311} with crystal diameter range from 43.5611-52.89 nm. The size distribution of the nanoparticles using Particle Size Analyzer (PSA) showed that the particles was 59,0 nm. Silver nanoparticles have an inhibition zone diameter of 11 mm against *Pseudomonas aeruginosa* and 12 mm against *Bacillus subtilis*.

Keywords: antibacterial, bioreductor, silver nanoparticles, *Pangium edule* Reinw

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Nanopartikel.....	6
2.2 Nanopartikel Perak.....	8
2.3 Sintesis Nanopartikel.....	10
2.4 Tinjauan Umum Biji Kluwak.....	12
2.5 Karakterisasi Nanopartikel.....	15
	x

2.5.1 Spektrofotometer UV-VIS.....	15
2.5.2 Karakterisasi Fourier Transform InfraRed (FTIR).....	16
2.5.3 Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	16
2.5.4 Karakterisasi Particle Size Analyzer (PSA).....	17
2.6 Tinjauan Umum Bakteri Uji.....	18
2.6.1 Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	19
2.6.2 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	20
2.7 Antibakteri.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Bahan Penelitian.....	22
3.2 Alat Penelitian.....	22
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1 Pembuatan Ekstrak Daging Biji Kluwak.....	23
3.4.2 Uji Fitokimia.....	23
3.4.3 Pembuatan Larutan AgNO ₃ Variasi Konsentrasi.....	24
3.4.4 Optimasi Konsentrasi Larutan AgNO ₃	24
3.4.5 Sintesis Nanopartikel Perak.....	25
3.5 Pengujian Aktivitas Antibakteri.....	25
3.5.1 Pembuatan Media Nutrien Agar.....	25
3.5.2 Pembuatan Media Nutrien Broth.....	25
3.5.3 Penyediaan Bakteri dan Suspensi Bakteri.....	26
3.5.4 Penentuan Aktivitas Antibakteri.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Uji Fitokimia Ekstrak dari Biji Kluwak.....	27
4.2.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan AgNO ₃	28

4.2.2 Sintesis Nanopartikel Perak.....	30
4.3 Karakterisasi Nanopartikel.....	31
4.3.1 Karakterisasi Warna.....	31
4.3.2 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-VIS.....	33
4.3.3 Karakterisaasi dengan FTIR.....	33
4.3.3 Karakterisasi dengan XRD (X-Ray Diffraction).....	36
4.3 Karakterisasi dengan PSA.....	37
4.4 Uji Antibakteri.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
Lampiran.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aplikasi nanopartikel.....	9
2. Hasil uji fitokimia ekstrak biji kluwak.....	27
3. Hasil analisis serapan UV-VIS nanopartikel berbagai konsentrasi.....	29
4. Hasil analisis serapan UV-VIS.....	33
5. Data serapan FTIR.....	35
6. Data hasil analisis menggunakan XRD.....	37
7. Hasil pengukuran zona hambat pengujian aktivitas antibakteri.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Metodologi sintesis nanopartikel secara umum.....	10
2. Biji Kluwak.....	13
4. Warna Larutan Nanopartikel Perak.....	32
5. Spektrum FTIR.....	34
6. Diftaktogram XRD nanopartikel perak dengan.....	36
7. Distribusi ukuran nanopartikel perak berdasarkan nomor.....	38
8. Tanin.....	70
9. Saponin.....	70
10. Flavonoid.....	70
11. Terpenoid.....	70
12. Steroid.....	70
13. Alkaloid.....	70
14. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	71
15. <i>Bacillus subtilis</i>	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alur Penelitian.....	49
2. Bagan Kerja.....	50
3. Persamaan Debye-Scherrer.....	56
4. Data JCPDS Nanopartikel Perak.....	58
5. Data Hasil Analisis Spektrofotometer UV-VIS.....	59
6. Spektrum FTIR Ekstrak Biji Kluwak.....	63
7. Spektrum FTIR Nanopartikel Perak.....	64
8. Hasil Analisis XRD.....	65
9. Hasil Analisis PSA.....	68
10. Hasil Pengujian Fitokimia.....	70
11. Hasil Pengujian Antibakteri.....	71

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Ag	: Perak
DLS	: <i>Dinamiyc Light Scattering</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform InfraRed</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
nm	: nanometer
PI	: <i>Polydispersity Index</i>
PSA	: <i>Particle Size Analyser</i>
SPR	: <i>Surface Plasmon Resonance</i>
XRD	: X-Ray Diffraction

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi pada saat ini sangat berkembang dengan pesat, hal tersebut disebabkan karena nanoteknologi memiliki peranan yang penting dalam berbagai bidang. Nanoteknologi merupakan ilmu dan rekayasa yang berkaitan dengan sintesis dan karakterisasi material baik secara struktural maupun fungsional dalam ukuran nanometer (Madhuri dkk., 2012; Abdulllah dan Khaerurijjal, 2009; Sharma dkk., 2009). Nanoteknologi juga merupakan teknologi yang muncul dari perkembangan pesat material nanokomposit menjadi produk baru dengan berbagai aplikasinya. Produk nanoteknologi memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan material yang berukuran besar, diantaranya: sifat fisik-kimia yang lebih unggul karena keunikan sifat optik, termal dan listriknya (Panigrahi dkk., 2004).

Nanoteknologi banyak menarik perhatian para ilmuwan untuk dikembangkan karena aplikasinya yang sangat luas dalam berbagai sektor, seperti medis, pertanian, kelautan dan industri (Singh, 2016). Salah satu nanoteknologi yang dikembangkan pada saat ini adalah preparasi material yang berukuran 1-100 nm atau yang biasa disebut sebagai nanopartikel. Nanopartikel memiliki ciri khas pada ukuran partikelnya yang berskala nanometer dan memiliki sifat-sifat atau karakteristik fisik dan kimia yang unggul dibandingkan dengan struktur yang lebih besar (Canham dan Overton, 2000; Hosokawa dkk., 2007).

Beberapa tahun terakhir nanopartikel yang banyak dikembangkan dan telah mengalami tingkat kemajuan yang signifikan adalah nanopartikel logam

karena dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang (Eigorban dkk., 2016) Nanopartikel perak merupakan nanopartikel logam yang paling banyak diteliti dibanding dengan nanopartikel logam lainnya karena memiliki ukuran dan bentuk yang bergantung pada sifat optik, listrik dan magnetik yang dapat diaplikasikan sebagai antimikroba, antioksidan, bahan biosensor, produk komestik dan komponen elektronik (Panigrahi, 2013).

Secara umum nanopartikel logam dapat disintesis dengan menggunakan dua metode yaitu metode top down (fisika) dan metode bottom up (kimia). Namun, kedua metode tersebut memiliki banyak kelemahan seperti penggunaan energi yang cukup besar serta menggunakan bahan kimia yang mahal dan berbahaya yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Asri, 2015). Hal ini mendorong pengembangan metode sintesis yang lebih ramah lingkungan (*green synthesis*) agar dapat memberikan hasil yang jauh lebih baik (Rajeshkumar dkk., 2012).

Pada umumnya sintesis nanopartikel menggunakan metode *green synthesis* dilakukan dengan memanfaatkan bahan alam yang berasal dari organisme darat maupun organisme laut. Tumbuhan diketahui memiliki senyawa-senyawa organik yang dapat berperan sebagai reduktor serta dapat digunakan untuk menggantikan atau sebagai komplemen reduktor anorganik (Handayani dkk., 2010).

Ekstrak tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak adalah tumbuhan yang memiliki senyawa yang dapat berperan sebagai agen pereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 (Isaac dkk., 2013). Bahan

alam yang dapat digunakan sebagai agen pereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 adalah bahan yang mengandung metabolit sekunder seperti terpenoid, fenolik, tanin, steroid, saponin, alkaloid, flavonoid dan lain-lain (Matutu dkk., 2016).

Salah satu tumbuhan yang memiliki metabolit sekunder adalah tumbuhan kluwak. Tumbuhan kluwak (*Pangium edule Reinw.*) merupakan tumbuhan yang dapat digunakan sebagai rempah-rempah, obat-obatan dan penawar keracunan makanan. Menurut Sulistianingsih dkk (2016) salah satu bagian tumbuhan kluwak (*Pangium edule Reinw.*) yang mengandung senyawa metabolit sekunder adalah daging biji kluwak.

Nanopartikel dapat dikembangkan dalam berbagai bidang, salah satunya pada bidang kesehatan. Perak merupakan jenis logam yang dapat diaplikasikan di bidang kesehatan karena memiliki sifat antibakteri dan anti jamur (Ristian, 2013). Beberapa penelitian yang berhubungan dengan sintesis nanopartikel yang telah dilakukan dengan menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor dan uji aktivitasnya sebagai antibakteri. Prasetiowati dkk (2018) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak tumbuhan *Averrhoa Bilimbi L.* sebagai bioreduktor. Nanopartikel yang terbentuk memiliki diameter rata-rata sebesar 112,8 nm. Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan bakteri uji yaitu *E. coli* dan *Bacillus subtilis*. Purnamasari (2015) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak tumbuhan daun sirih (*Piper Betle Linn*) sebagai bioreduktor. Nanopartikel yang terbentuk memiliki diameter rata-rata sebesar 37,44 nm. Nanopartikel perak mampu menghambat pertumbuhan bakteri gram positif lebih kuat daripada bakteri gram negatif.

Berdasarkan uraian diatas maka sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan ekstrak daging biji kluwak (*Pangium edule Reinw.*) sebagai bioreduktor, serta uji aktivitasnya sebagai antibakteri terhadap bakteri uji *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, XRD, *Fourier Transform InfraRed* (FTIR), dan *Particle Size Analyser* (PSA).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. bagaimana potensi ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dari bioreduktor ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, XRD, FTIR, DAN PSA?
3. bagaimana aktivitas nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) terhadap bakteri uji *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui potensi ekstrak daging biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak dan uji aktivitasnya terhadap bakteri uji *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. menentukan kemampuan ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang dihasilkan dari bioreduktor ekstrak daging biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, XRD, FTIR, dan PSA
3. menentukan bioaktivitas nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak biji kluwak (*Pangium edule Reinw*) terhadap bakteri uji *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tambahan khususnya dalam bidang sintesis nanopartikel menggunakan bahan alam dan pemanfaatan bahan alam asli Indonesia sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel yang bersifat lebih ramah lingkungan serta memberikan tambahan pengetahuan tentang aktivitas antibakteri nanopartikel perak dengan bioreduktor ekstrak daging biji kluwak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Perkembangan teknologi di era digital saat ini tanpa disadari sangat berkembang dengan cepat dari waktu ke waktu. Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi yang sangat berkembang pada saat ini. Nanoteknologi adalah teknologi perancangan, pembuatan dan aplikasi struktur/material berukuran nanometer (Ariyanta dkk., 2014).

Salah satu bagian nanoteknologi yang sangat pesat perkembangannya saat ini adalah nanopartikel karena perannya yang sangat penting dan strategis dalam pengembangan sains dan teknologi material (Wahyudi dan Rismayani, 2008). Nanopartikel adalah material nanoteknologi yang ukurannya jauh lebih kecil dari benda yang kita gunakan sehari-hari, namun lebih besar daripada atom atau molekul sederhana. *International Organization for Standardization* (ISO) menggolongkan sebuah partikel sebagai nanopartikel apabila diameternya berkisar 1 hingga 100 nm (Horikoshi & Serpone, 2013).

Partikel yang berukuran nano memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan material lainnya. Kelebihan yang dimiliki nanopartikel adalah mampu menembus ruang-ruang antar sel yang hanya dapat ditembus oleh partikel dengan ukuran koloid (Wahyudi dan Rismayani, 2008). Kemampuan untuk menembus dinding sel yang lebih tinggi, baik melalui difusi maupun opsonifikasi dan fleksibel untuk dikombinasikan dengan berbagai teknologi lain sehingga membuka potensi yang luas untuk dikembangkan pada berbagai bidang (Kawashima dkk., 2000).

Menurut Abdullah dan Khairurrujal (2009) hal yang membuat nanopartikel berbeda dengan material lainnya adalah sebagai berikut:

1. nanopartikel memiliki ukuran yang kecil sehingga memiliki rasio antara luas permukaan dan volume yang lebih besar dibandingkan dengan partikel yang berukuran besar. Hal tersebut membuat nanopartikel lebih reaktif.
2. ukuran partikel berada dalam orde nanometer sehingga hukum fisika yang berlaku didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum.

Secara kimia, nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dengan intensitas yang tinggi pada lapisan permukaan sehingga jauh lebih reaktif dibandingkan dengan molekul biasa. Berdasarkan hukum fisika klasik, ukuran nanopartikel di bawah 50 nm akan memberikan efek kuantum, menimbulkan ilusi optik serta memiliki perilaku elektrik dan magnetik yang berbeda dari material biasa sehingga nanopartikel memiliki sifat fisik yang berguna seperti sifat konduktor yang luar biasa dan mampu menyimpan panas (Mittal, 2011; Nagarajan dan Hatton, 2008; Lauterwasser, 2007).

Beberapa jenis nanoteknologi yang telah dikembangkan diantaranya adalah nanopartikel logam, oksida logam, semikonduktor, polimer dan material karbon (Nagarajan dan Hatton, 2008). Nanopartikel logam menarik untuk dikembangkan karena aplikasinya yang luas seperti detektor, antimikroba, bioteknologi, elektronika, kosmetik, katalis, optik dan mikroelektronika (Yeo dkk., 2007; Sharma dkk., 2009; Mo dkk., 2015; Wahyudi dan Rismayani, 2008).

Nanopartikel diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu nanopartikel organik dan nanopartikel anorganik. Nanopartikel organik merupakan nanopartikel yang terdiri dari karbon, sedangkan nanopartikel anorganik terdiri dari logam. Menurut

Asmathunisha dan Kathiresan (2013) nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

1. nanopartikel magnetik yang terdiri dari logam besi,
2. nanopartikel logam mulia yaitu nanopartikel yang terdiri dari logam-logam mulia seperti platinum, perak atau emas,
3. nanopartikel semikonduktor yaitu nanopartikel yang terdiri dari titanium dioksida atau zink oksida. Adapun nanopartikel lainnya ialah nanopartikel polimer, silika dan biomolekul.

Nanopartikel anorganik banyak digunakan dalam bidang kesehatan dan biomedis karna memiliki sifat yang sebagai pembawa obat yang baik dalam sel, selain itu memiliki banyak fungsi, bioakompatibilitas yang baik dan memungkinkan untuk menargetkan sel secara khusus seperti menghancurkan sel kanker tanpa menyerang sel normal, serta mampu menguasai kerja obat secara leluasa (Zhi dkk., 2006).

2.2 Nanopartikel Perak

Logam perak merupakan salah satu logam transisi yang berwarna putih, mengkilap, lunak dan dapat ditempa, dalam bentuk logam bersifat *innert*, namun akan bersifat reaktif dalam bentuk ion. Perak bersifat aktif dalam bentuk ion baik dalam bentuk ion Ag^+ maupun Ag^0 (Dunn dan Edwards-Jones, 2004). Logam perak memiliki banyak manfaat dalam kehidupan manusia, perak dapat digunakan sebagai katalis, konduktor dan stabilisator (Frattini dkk., 2005; Nagy dan Mestl, 1999). Logam perak juga diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang disebabkan oleh beberapa hal diantaranya yaitu perak mampu merusak dinding sel

bakteri, mampu mengganggu metabolisme sel dan dapat menghambat sintesis sel mikroba (Haryono dkk., 2008).

Perkembangan nanoteknologi yang semakin pesat mendorong para ilmuwan untuk mensintesis nanopartikel perak yang memiliki reaktivitas lebih tinggi secara kimiawi dan kemudahannya untuk membentuk ion lebih tinggi dibandingkan partikel perak yang lebih besar. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume juga akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel (Gong dkk., 2007).

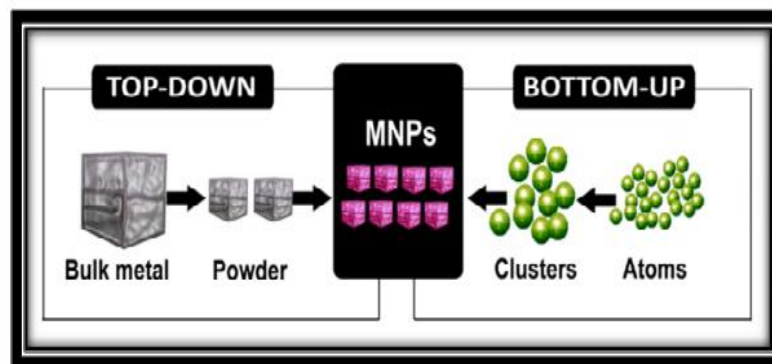
Beberapa faktor lain yang menjadi daya tarik nanopartikel perak adalah kemampuan menyerap pada daerah sinar tampak, sitotoksitasnya terhadap mikroba dan sel-sel tumor, sifat optik, konduktivitas, stabilitas kimia, aktivitas sebagai fungisida dan bakterisida. (Singh dkk., 2015; Mittal dkk., 2016).

Tabel 1. Aplikasi nanopartikel (Keat dkk., 2015)

Bidang Ilmu	Aplikasi
Tekstil	Pelindung sinar UV pada tekstil, anti noda pada tekstil, medikal tekstil
Biomedis	Terapi kanker, diagnosis, <i>drug delivery</i> , <i>cell imaging</i>
Kesehatan	Melindungi dari sinar UV, Kream obat salep dan urap, <i>Nutraceutical</i>
Makanan dan Pertanian	Pembungkus makanan, Sensor analisa kualitas makanan
Katalisis	Katalisator bahan bakar, katalisator bahan aditif, Fotokatalisis produksi hydrogen
Lingkungan	Air disinfektan, Filter karbon aktif, Pengelolaan limbah air

2.3 Sintesis Nanopartikel

Secara umum nanopartikel dapat disintesis dengan menggunakan dua metode yaitu metode *top down* (metode fisika) dan metode *bottom up* (metode kimia). Metode *top down* (metode fisika) dilakukan dengan memecah padatan logam yang berukuran besar menjadi partikel-partikel kecil berukuran nano melalui proses penggilingan. Metode *bottom up* (metode kimia) biasa disebut sebagai proses *self assembly* dilakukan dengan cara melarutkan prekursor partikel yang berupa garam logam, agen pereduksian penstabil sehingga terbentuk nanopartikel (Lembang, 2014; Chou dan Lu, 2008)



Gambar 1. Metodologi sintesis nanopartikel secara umum (Rath dkk., 2014)

Namun metode-metode tersebut tidak berdampak baik kehidupan manusia karena dapat menimbulkan masalah seperti menghasilkan limbah berbahaya, menggunakan pelarut beracun, mengonsumsi energi yang sangat tinggi serta membutuhkan biaya yang mahal sehingga dikembangkan metode yang tidak berdampak buruk bagi kehidupan manusia yang lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, para ilmuwan/peneliti mengembangkan metode ramah lingkungan dan memanfaatkan ekstrak tanaman, hewan, atau mikroorganisme yang biasa disebut sebagai *green synthesis* (Singh, 2016; Masakke, 2015).

Senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam tanaman diketahui dapat berfungsi sebagai reduktor yang dapat menggantikan atau berperan sebagai komplemen reduktor anorganik. Pemanfaatan senyawa-senyawa organik yang dimiliki oleh tanaman dalam sintesis nanopartikel dikenal sebagai biosintesis yang merupakan suatu metode yang bersifat ramah lingkungan dan sederhana (Handayani, 2010).

Biosintesis adalah metode sintesis nanopartikel menggunakan pendekatan *bottom up*. Tiga hal utama yang harus menjadi perhatian dalam preparasi nanopartikel dengan metode ini adalah medium pelarut untuk sintesis, reduktor yang ramah lingkungan, dan bahan stabilisator stabilisasi nanopartikel. (Raveendran dkk., 2003). Salah satu hal penting yang juga yang harus diperhatikan adalah resiko lingkungan (*environmental risk*). Berkaitan dengan hal ini maka dalam proses sintesis nanopartikel umumnya perlu menggunakan pelarut, bioreduktor, dan capping agent (untuk stabilisator) yang aman dan ramah lingkungan (Li dkk., 2007).

Sintesis nanopartikel dengan metode biosintesis melibatkan senyawa-senyawa organik seperti enzim, protein, karbohidrat maupun metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman, hewan, mikroorganisme terutama golongan polihidroksi, flavonoid, dan terpenoid yang diketahui mampu mereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 dalam proses pembentukan nanopartikel (Maryani dkk., 2017; Shankar dkk., 2004; Daniel dkk., 2012).

Dari keseluruhan metode sintesis nanopartikel, metode yang paling sering digunakan adalah reduksi kimia (Keat dkk., 2015). Beberapa penelitian

menunjukkan bahwa ukuran, bentuk stabilitas serta sifat fisika maupun kimia nanopartikel logam sangatlah dipengaruhi oleh kondisi eksperimental, seperti kinetika interaksi antara ion logam dengan zat pereduksi dan proses adsorpsi agen pengstabilisasi dengan nanopartikel logam (Sharma dkk., 2009).

Makarov dkk., (2014) mengemukakan bahwa terdapat tiga tahap utama dalam mekanisme sintesis nanopartikel memanfaatkan ekstrak tanaman, yaitu:

1. tahap aktivasi dan nukleasi, dimana ion logam mengalami reduksi dan proses nukleasi dimana atom logam mengalami reduksi,
2. tahap *growth* atau stabilisasi yaitu nanopartikel yang berdekatan, secara spontan mengalami peleburan menjadi partikel dengan ukuran yang lebih besar yang disertai dengan peningkatan stabilisasi termodinamika partikel,
3. tahap terminasi, adalah tahap yang menentukan bentuk nanopartikel. Dalam tahap ini nanopartikel akan memperoleh konformasi yang paling berenergi. tahap ini dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak biologis untuk menstabilkan nanopartikel logam.

2.4 Tinjauan Umum Biji Kluwak

Tanaman kluwak (*Pangium edule Reinw*) merupakan salah satu tanaman asli Indonesia yang hidup di berbagai daerah (Astawan, 2009). Kluwak merupakan produk pangan yang memiliki biji keras yang dan warna kelabu dengan daging licin berlemak dan berwarna kehitaman (Sibuea, 2015). Tumbuhan kluwak ini dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional, bagian daunnya sebagai sayuran, daging buahnya dapat dimakan jika sudah masak, dan bijinya dapat diolah sebagai bumbu (Manuhutu 2011).

Daging biji kluwak mengandung senyawa-senyawa antioksidan yang dapat berfungsi sebagai antikanker antara lain vitamin C, ion besi, β -karoten, dan senyawa golongan flavonoid yang berfungsi sebagai antibakteri, asam sianida, tanin, asam hidrokarpat, asam khaulmograt, asam gorlat dan tanin (Manuhutu, 2011 dan Widyasari, 2005).

Menurut Arini (2012) tanaman kluwak (*Pangium edule*. Reinw.) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub Divisio : Angiospermae
Class : Dycotiledoneae
Ordo : Parietales
Familia : Flacourtiaceae
Genus : *Pangium*
Species : *Pangium edule* Reinw



Gambar 2. Biji Kluwak (Sibuea, 2015).

Kandungan metabolit sekunder pada tumbuhan umumnya merupakan campuran dari berbagai golongan kimia seperti flavonoid, tanin, karotenoid dan

antosianin. Keberadaan senyawa metabolit sekunder tersebut diketahui terdapat dalam biji kluwak (Kardinan, 2001; Naria, 2005; dan Noerfitryani, 2017). Menurut Warnasih dan Hasanah (2018) ekstrak biji kluwak mengandung metabolit sekunder golongan terpenoid, flavonoid, saponin, alkaloid, dan fenolik dan juga mengandung asam sianida. Menurut Warasari (2018), biji kluwak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti tanin dan flavonoid. Dalam biji kluwak mengandung senyawa tanin lebih banyak dibandingkan dengan senyawa flavonoid. Pada biji kluwak mengandung 1,62 mg senyawa tanin dan 0,56 mg senyawa flavonoid. Menurut Sulistianingsih (2016), mengatakan bahwa dari hasil uji fitokimia pada ekstrak biji kluwak mengandung senyawa metabolit sekunder tanin lebih banyak dibandingkan dengan metabolit sekunder lainnya yaitu 16 ppm senyawa tanin 2,69 ppm senyawa alkaloid, dan 1,23 ppm senyawa flavonoid.

Senyawa tanin biasanya terdapat pada tanaman dan dapat bereaksi dengan kulit hewan mengakibatkan warna coklat, oleh karena itu sering digunakan untuk menyamak kulit. Tanin membentuk warna kehitaman dengan beberapa ion logam misalnya ion besi, kalsium, tembaga dan ion magnesium. Senyawa tanin terdiri dari katekin, leukoantosianin dan asam alat, asam kafeat dan khlorogenat serta ester dari asam-asam tersebut yaitu 3-galloilepikatekin, 3-galloilgalloktekin, fenilkafeate dan sebagainya. Adanya tanin tersebut dapat menyebabkan warna daging biji kluwak (Saputra, 2001)

Biji kluwak juga mengandung senyawa asam fenolat. Kandungan fenolat pada biji kluwak berperan dalam aktivitas antimikroba biji pangi itu sendiri. Ekstrak fenolat biasanya mengandung sejumlah senyawa fenolat seperti turunan asam fenolat, flavonoid, asam galat, dan terpenoid yang aktif sebagai zat

antimikroba (Rauha *dkk*, 2000). Kluwak juga mengandung 1,2 benzendikarboksilat, dietyl ester dan asam 9-oktadatoat yang dapat mencegah pertumbuhan mikroba (Mangunwardoyo, 2008).

2.5 Karakterisasi Nanopartikel

Karakterisasi nanopartikel dilakukan untuk mengetahui struktur dan bentuk dari nanopartikel. Beberapa instrumen yang biasa digunakan untuk karakterisasi nanopartikel yaitu Spektrofotometer UV-VIS, Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), dan Particle Size Analyzer (PSA).

2.5.1 Spektrofotometer UV-VIS

Nanopartikel memiliki sifat optis yang sensitif terhadap ukuran, bentuk, konsentrasi, aglomerasi, dan indeks reflektif mendekati permukaan nanopartikel sehingga spektroskopi UV-VIS berfungsi dalam identifikasi, karakterisasi, dan pengkajian material tersebut. Nanopartikel yang terbuat dari logam tertentu berinteraksi secara kuat dengan panjang gelombang tertentu dari cahaya dan sifat optis unik dari material tersebut (Ronson, 2012).

Spektroskopi UV-VIS merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan cahaya yang terserap dan tersebar oleh sampel. Dalam bentuk sederhana, sampel ditempatkan antara sumber cahaya dan fotodetektor, dan intensitas cahaya ditentukan sebelum dan setelah melalui sampel. Pengukuran dibandingkan pada setiap panjang gelombang untuk menentukan panjang gelombang sampel tergantung pada spektra (Purnamasari, 2015).

Spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mengetahui apakah nanopartikel yang disintesis telah terbentuk. Pengukuran menggunakan

Spektrofotometer UV-VIS pada koloid nanopartikel perak dilakukan pada rentang panjang gelombang 200 nm-500 nm. Nanopartikel perak memiliki absorbansi yang kuat pada panjang gelombang antara 400-500 nm (Solomon dkk, 2007).

2.5.2 Karakterisasi *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Instrumen FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan unsur-unsur penyusunnya. Pada FTIR, radiasi infra merah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi sinar infra merah diserap oleh sampel dan sebagian lainnya diteruskan. Jika frekuensi dari suatu vibrasi spesifik sama dengan frekuensi radiasi infra merah yang langsung menuju molekul, molekul akan menyerap radiasi tersebut (Hermanus, 2012).

Analisis gugus fungsional yang terkait pada permukaan nanopartikel dianalisis dengan menggunakan spektrometer FTIR. Sampel nanopartikel yang telah kering dicampur dengan KBr dalam rasio 1:100 dan kemudian dipindai dengan menggunakan sinar IR sekitar $4000-400\text{ cm}^{-1}$ dengan menggunakan mode pemantulan pada resolusi 4 cm^{-1} (Manivasagan, 2014, Sanghi dan Verma, 2010; Zarina, 2014).

2.5.3 Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisis menggunakan XRD akan menghasilkan puncak-puncak yang spesifik. Prinsip kerja XRD yaitu jika seberkas sinar-X dikenakan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut.

Sinar yang dibiaskan selanjutnya ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel maka semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi (Sofyan dan Bon`dan, 2007).

. Pengindeksan pola XRD adalah proses penentuan parameter sel satuan dari posisi puncak untuk mengindeks pola difraksi (Heryanto dkk, 2008), menggunakan persamaan Debye-Scherrer persamaan (1) untuk menentukan ukuran partikel.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cdot \cos(\theta)}$$

D = ukuran kristal

K = 0,98

λ = Panjang gelombang dari Sinar-X (1,54178 Å)

β = Nilai FWHM (rad)

θ = Sudut difraksi (2 θ /2)

2.5.4 Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Particle Size Analyzer (PSA) digunakan untuk menentukan ukuran rata-rata nanopartikel perak. Data ukuran partikel yang diperoleh berupa tiga distribusi yaitu intensitas, nomor, dan volume, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel. Hasil karakterisasi dengan menggunakan PSA menunjukkan secara keseluruhan rata-rata ukuran diameter nanopartikel perak yang telah berhasil disintesis (Nikmatin dkk., 2011).

Prinsip kerja alat PSA adalah pengukuran gerak Brown partikel pada sampel dengan prinsip *Dinamiyc Light Scattering* (DLS) yang memanfaatkan hamburan inframerah dan *Photon Correlation Spectroscopy* sehingga disebut juga sebagai spektroskopi korelasi foton. Hamburan inframerah ditembakkan oleh alat ke sampel sehingga sampel akan bereaksi menghasilkan gerak Brown. Gerak Brown adalah gerak acak pada partikel di dalam cairan yang disebabkan karena adanya tumbukan antarmolekul disekitarnya. Kecepatan pergerakan ini digunakan untuk menganalisis ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel maka gerak Brown semakin cepat (Rawle, 2010). Rentang pengukuran untuk alat Particle Size Analyzer adalah 0,6 μm -7 nm (Coulter, 2008).

2.6 Tinjauan Umum Bakteri Uji

Bakteri merupakan organisme bersel tunggal yang berukuran sangat kecil, yaitu berkisar 0,5 – 3,0 mikrometer. Bakteri tidak memiliki lapisan membran nukleus, sehingga kromosom (DNA dan RNA) terletak pada sitoplasma Bakteri berdasarkan struktur membran selnya diklasifikasikan menjadi dua yaitu bakteri gram negatif dan bakteri gram positif. Bakteri gram negatif memiliki lipopolisakarida, lapisan membran luar dan lapisan peptidoglikan tipis (2 – 3 nm) yang berada diantara periplasma (diantara lapisan luar dan membran sitoplasmik). Sedangkan bakteri gram positif memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal (20 – 80 nm) (Mittal, 2011; Nalawati, 2015).

Bakteri berdasarkan sifatnya diklasifikasikan menjadi dua yaitu bakteri merugikan atau patogen dan bakteri yang menguntungkan. Bakteri pathogen sangatlah berbahaya bagi kesehatan manusia hal ini dikarenakan bakteri pathogen

mampu merusak jaringan tubuh manusia dan membentuk toksin di dalam tubuh manusia (Prescott dkk., 2002). Dalam penelitian ini dilakukan uji antibakteri dari nanopartikel perak terhadap bakteri patogen bergram negatif *Pseudomonas aeruginosa* dan bakteri patogen bergram positif *Bacillus subtilis*.

2.6.1 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

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

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Classis	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Family	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Species	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

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 CO₂, gas amoniak, dan senyawa-senyawa lain yang lebih sederhana (Suyono dan Farid, 2011).

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri yang mampu beradaptasi dengan kondisi oksigen dan nutrisi yang rendah. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mempunyai batas-batas pH tertentu untuk pertumbuhannya. Bakteri

Pseudomonas aeruginosa pH 5,3-9,7 umumnya berkembang dengan baik pada pH antara 5,5-9,0. Keadaan optimal bagi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk berkembang biak adalah saat berada pada pH rendah (Kordi, 2004).

2.6.2 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)

2.7 Antibakteri

Antibakteri adalah suatu senyawa yang digunakan untuk mengambat bakteri. Antibakteri biasanya terdapat dalam suatu organisme sebagai metabolit sekunder. Mekanisme senyawa antibakteri secara umum dilakukan dengan cara

merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran, mengganggu sintesis protein, dan menghambat kerja enzim (Pelczar dan Chan, 2008).

Dalam bentuk ionnya, perak merupakan agen antimikroba yang kuat dan juga bersifat toksik bagi sel. Logam perak dapat dimanfaatkan sebagai antimikroba karena perak mampu merusak dinding sel bakteri, mengganggu metabolisme sel dan menghambat sintesis sel mikroba. Metabolisme sel dapat dihambat karena adanya interaksi antara perak dengan makromolekul yang ada di dalam sel (Haryono dkk., 2008). Dibandingkan garam-garam perak lainnya, seperti perak nitrat, perak sulfadiazine dan perak zeolite, nanopartikel perak memiliki sifat antibakteri yang optimum. Hal ini dikarenakan nanopartikel perak memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga luas permukaan atau daerah aktivitas nanopartikel akan semakin luas, sehingga berinteraksi dengan permukaan membran bakteri dan menembus membran sel bakteri (Rai dkk., 2009).

Bentuk dan ukuran nanopartikel perak sangat penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antimikrobanya. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar efek antimikroba. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi ukuran partikel dalam sintesis, yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam dan agen pereduksi dan waktu reaksi (Ariyanta dkk, 2014). Mekanisme aktivitas antimikroba perak umumnya melalui interaksinya dengan materi genetik di dalam sel seperti DNA serta komponen makromolekul lainnya seperti protein. Logam perak diketahui bersifat toksik bagi mikroba tetapi aman bagi manusia. Seiring bertambahnya kemampuan resisten beberapa mikroba patogenik terhadap antibiotik maka penggunaan perak sebagai bahan antimikroba semakin berpotensi untuk diteliti (Haryono dkk., 2008).