

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL BIMETAL Ag-Cu
DENGAN BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR BATANG TANAMAN
BINAHONG (*Anredera cordifolia* L.) DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ANTIBAKTERI**

DWI EUNIKE SARAMPANG

H031 17 1312



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL
BIMETAL Ag-Cu DENGAN BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR BATANG
TANAMAN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA* L.) DAN
APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

DWI EUNIKE SARAMPANG

H031171312

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL
BIMETAL Ag-Cu DENGAN BIOREDUKTOR EKSTRAK AIR BATANG
TANAMAN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA* L.) DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ANTIBAKTERI

Disusun dan diajukan oleh

DWI EUNIKE SARAMPANG

H031171312

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Hasanuddin
pada tanggal 3 Januari 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama

Drs. Fredryk W. Mandey, M.Sc
NIP. 19650118 199002 1 001

Dr. Nur Umriani Permatasari, S.Si, M.Si
NIP. 198112092006042003

Ketua Program Studi,

Dr. Abdul Karim, M.Si
196207101988031002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :Dwi Eunike Sarampang
NIM :H031171312
Program Studi :Kimia
Jenjang :S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Bimetal Ag-Cu Dengan Bioreduktor Ekstrak Air Batang Tanaman Binahong (*Anredera Cordifolia* L.) Dan Aplikasinya 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 pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 3 Januari 2022

Yang Menyatakan



DWI EUNIKE SARAMPANG

LEMBAR PERSEMBAHAN

**“dalam segala doa dan permohonan. Berdoalah setiap waktu di dalam Roh dan berjaga-jagalah di dalam doamu itu dengan permohonan yang tak putus-putusnya untuk segala orang Kudus”
(Efesus 6: 18)**

PRAKATA

Segala syukur dan puji hanya bagi Tuhan Yesus Kristus karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Bimetal Ag-Cu Dengan Bioreduktor Ekstrak Air Batang Tanaman Binahong (*Androdera Cordifolia L.*) Dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri” sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penyusunan skripsi ini melewati banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi, namun penulis dapat melewatinya berkat adanya bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta **Andarias Sarampang** dan **Mariam Pongpare** yang telah memberi kasih sayang, menemani dan memberi semangat. Semoga selalu diberi kesehatan dan diberkati oleh Tuhan Yesus. Terima kasih juga kepada kakak tercinta **Irma Jayanti** yang juga membantu dalam memberi semangat melalui motivasi dan jajan selama pengerjaan skripsi, serta adindaku tersayang **Indah sari Sarampang** yang sudah menemani penulis dalam waktu luang dengan bertelponan selama masa-masa pengerjaan skripsi ini. Semoga Tuhan Yesus selalu melindungi dan memberkati kepada kalian.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Drs. Fredryk W. Mandey, M.Sc** selaku Pembimbing Utama dan Ibu **Dr. Nur**

Umriani Permatasari, M.Si selaku Pembimbing Pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu yang begitu berharga serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, **Dr. Abdul Karim, M.Si** dan **Dr. St Fauziah M.Si**, seluruh Dosen yang telah membagi ilmunya serta staf Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
2. Tim penguji ujian, **Dr. Rugaiyah A. M.Si** (ketua) dan **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si** (sekertaris), Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Seluruh analis laboratorium: **Pak Sugeng, Kak Fiby, Kak Linda, Ibu Tini, Kak Anti, Pak Iqbal**, dan **kak Hanna**. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
4. Rekan penelitian sekaligus partner dalam pengerjaan skripsi **Anni Aulya Syam**, terima kasih untuk selalu sabar dan setia menemani penulis dari awal pengerjaan hingga akhir pengerjaan skripsi.
5. Rekan Support Sistem penulis **Heraldo Chresto Saranga** yang selalu setia mendengarkan keluh kesah penulis dan selalu mengingatkan untuk tetap semangat dalam pengerjaan skripsi ini. **Siti Fatima Amalia** dan **Aryl Furqan Aswar** yang menyemangati dalam bentuk asupan makan. **Yohanes Yoseph Deo** dan **Ishar** yang berbaik hati untuk membantu dalam penulisan skripsi. **Oxana Arung, Epifania Agatha Sude, Cicilia Oktavien Sefa, Merlin Patabang, Winisty, Andi Besse, Tri Melinea, Charmelia Asmasukmastuti,**

Jhill Kainama, Anisisilia, Enjely Sri Devi, Farange, Nova Sinaga, Feby Densya, Arum, Rafiqi, Andre, Layuk, Ebet terima karena selalu ada untuk menghibur penulis.

6. **Khatim** cantik, **Asra** gokil, **Mega** bucin, **Asbah** istri V, **Iin** tukang tidur, **Diyah** si sibuk, **Karin** imut, **Vivi** manis, dan **Lala** kandaya, terima kasih atas asupan makanan dan cerita yang selalu diberikan kepada penulis.
7. Teman-teman **ALIFATIK 2017**, terima kasih untuk selalu bersama dan membantu penulis dalam dunia perkuliahan selama 4 tahun ini.
8. Seluruh keluarga **Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia** khususnya untuk **Komisariat FMIPA Unhas**, terima kasih atas waktu-waktu bahagia dan kebersamaannya dalam memuji dan memuliakan Tuhan Yesus Sang Kepala Gerakan.
9. *Last but not least*, terima kasih pada diri penulis sendiri, karena boleh sabar, semangat dan tidak putus asa dalam menjalani tugas dan tanggungjawab selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Kiranya penulis boleh terus semangat dalam menjalani waktu-waktu yang akan datang.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para peneliti selanjutnya.

Makassar, 3 Januari 2022



Penulis

DWI EUNIKE SARAMPANG

ABSTRAK

Sintesis nanopartikel bimetal Ag-Cu telah dilakukan dengan menggunakan prekursor AgNO_3 dan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.) sebagai bioreduktor logam. Nanopartikel bimetal Ag-Cu dibuat melalui prinsip kimia hijau (*green synthesis*) dengan metode reduksi. Proses ekstraksi sampel serbuk batang binahong dengan menggunakan akuabides yang dipanaskakan hingga 80°C selama 5 menit. Hasil uji fitokimia ekstrak batang binahong mengandung senyawa metabolit sekunder flavonoid dan saponin yang berperan sebagai bioreduktor. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis memperlihatkan kestabilan nanopartikel bimetal Ag-Cu pada perbandingan 1:30. Nanopartikel bimetal Ag-Cu yang disintesis berupa serbuk kecoklatan yang memiliki bentuk kristal kubik sederhana. Analisis FTIR memperlihatkan gugus $-\text{OH}$ berperan dalam proses reduksi logam. Ukuran rata-rata nanopartikel bimetal Ag-Cu adalah 121,8 nm. Hasil uji bioaktivitas nanopartikel bimetal Ag-Cu sebagai antibakteri dengan metode difusi agar diperoleh hasil zona hambat untuk bakteri *Escherichia coli* sebesar 20 mm sedangkan zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 18 mm.

Kata Kunci : ekstrak air batang binahong, nanopartikel bimetal Ag-Cu, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

ABSTRACT

The synthesis of Ag-Cu bimetallic nanoparticles using AgNO_3 and $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ as metal precursors with aqueous extracts of binahong stem (*Anredera cordifolia* L.) assisted as a metal bioreductor has been carried out. Bimetallic Ag-Cu nanoparticles are made using green chemical principles (green synthesis) with a reduction method. Extraction process of binahong stem powder samples using aquabides heated to 80°C for 5 minutes. The results of the phytochemical test of binahong stem extract contain secondary metabolites of flavonoids and saponins that act as bioreductants. The results of the UV-Vis Spectrophotometer test showed the stability of Ag-Cu bimetal nanoparticles at a ratio of 1:30. The synthesized Ag-Cu bimetallic nanoparticles were in the form of a brownish powder that had a simple cubic crystal form. FTIR analysis shows the $-\text{OH}$ group plays a role in the metal reduction process. The average size of Ag-Cu bimetal nanoparticles is 121,8 nm. The results of the bioactivity test of Ag-Cu bimetallic nanoparticles as antibacterial by the diffusion method in order to obtain the inhibitory zone results for bacteria *Escherichia coli* was 20 mm while the inhibition zone for *Staphylococcus aureus* was 18 mm.

Keyword : Ag-Cu bimetallic nanoparticles, aqueous extract of binahong stem, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

DAFTAR ISI

| | halaman |
|---------------------------------------|----------------|
| LEMBAR PERSEMBAHAN..... | v |
| PRAKATA | vii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvii |
| DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN..... | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.3.1 Maksud Penelitian | 5 |
| 1.3.2 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Tinjauan Umum Binahong..... | 7 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.1 Tinjauan Taksonomi | 7 |
| 2.1.2 Tinjauan Morfologi..... | 8 |
| 2.1.3 Tinjauan Ekologi | 8 |
| 2.2 Metabolit Sekunder pada Binahong | 9 |
| 2.2.1 Flavonoid..... | 9 |
| 2.2.2 Alkaloid..... | 10 |
| 2.2.3 Terpenoid | 10 |
| 2.2.4 Saponin..... | 11 |
| 2.3 Tinjauan Umum Nanopartikel | 11 |
| 2.4 Sintesis Nanopartikel..... | 12 |
| 2.5 Nanopartikel Bimetal..... | 13 |
| 2.6 Nanopartikel Bimetal Ag-Cu | 15 |
| 2.7 Tanaman Binahong dalam Sintesis Nanopartikel | 16 |
| 2.8 Karakterisasi..... | 16 |
| 2.8.1 Spektroskopi UV-Vis..... | 16 |
| 2.8.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).... | 17 |
| 2.8.3 X-Ray Diffraction (XRD) | 18 |
| 2.8.4 Particle Size Analysis (PSA)..... | 19 |
| 2.8.5 Scanning Electron Microscopy (SEM) | 19 |
| 2.9 Aktivitas Antibakteri | 19 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 23 |

| | |
|---|----|
| 3.1 Bahan Penelitian..... | 23 |
| 3.2 Alat Penelitian..... | 23 |
| 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 23 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 24 |
| 3.4.1 Preparasi Sampel..... | 24 |
| 3.4.2 Uji Fitokimia..... | 24 |
| 3.4.2.1 Uji Tanin..... | 24 |
| 3.4.2.2 Uji Flavonoid..... | 24 |
| 3.4.2.3 Uji Saponin..... | 24 |
| 3.4.2.4 Uji Steroid..... | 25 |
| 3.4.2.5 Uji Terpenoid..... | 25 |
| 3.4.2.6 Uji Alkaloid..... | 25 |
| 3.4.3 Pembuatan Larutan AgNO_3 0,001 M..... | 25 |
| 3.4.4 Pembuatan Larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,001 M..... | 25 |
| 3.4.5 Optimasi Komposisi Logam dan Ekstrak..... | 26 |
| 3.4.6 Sintesis Nanopartikel Bimetal Ag-Cu..... | 26 |
| 3.4.7 Karakterisasi Nanopartikel..... | 26 |
| 3.4.7.1 Karakterisasi dengan UV-VIS..... | 27 |
| 3.4.7.2 Karakterisasi dengan FTIR..... | 27 |
| 3.4.7.3 Karakterisasi dengan PSA..... | 27 |
| 3.4.7.4 Karakterisasi dengan XRD..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.7.5 Karakterisasi dengan SEM..... | 27 |
| 3.4.8 Uji Antibakteri..... | 28 |
| 3.4.8.1 Sterilisasi Alat | 28 |
| 3.4.8.2 Pembuatan Medium Nutrien Agar..... | 28 |
| 3.4.8.3 Pemiakan Bakteri Uji..... | 28 |
| 3.4.8.4 Uji Bioaktivitas Antibakteri | 28 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 30 |
| 4.1 Uji Fitokimia | 30 |
| 4.2 Optimasi Komposisi Nanopartikel Ag-Cu..... | 32 |
| 4.3 Sintesis Nanopartikel Ag-Cu | 37 |
| 4.4 Karakterisasi Nanopartikel AgCu | 40 |
| 4.4.1 Spektrofotometri UV-Vis..... | 40 |
| 4.4.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).... | 42 |
| 4.4.3 Particle Size Analysis (PSA)..... | 43 |
| 4.4.4 X-Ray Diffraction (XRD) | 45 |
| 4.4.5 Scanning Electron Microscopy (SEM) | 47 |
| 4.5 Uji Antibakteri | 48 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 50 |
| 5.1 Kesimpulan | 50 |
| 5.2 Saran..... | 50 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN | 61 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | halaman |
|---|----------------|
| 1. Perbedaan Metode Top Down dan Bottom Up | 13 |
| 2. Hasil Uji Fitokimia pada Ekstrak Air Batang Binahong | 30 |
| 3. Perbandingan warna hasil optimasi nanopartikel Ag-Cu | 33 |
| 4. Hasil Pengukuran Spektrofotometer UV-Vis pada larutan C dan D..... | 34 |
| 5. Perbedaan Data FTIR Sampel Batang Binahong dan Nanopartikel Ag-Cu | 42 |
| 6. Data ukuran nanopartikel bimetal Ag-Cu berdasarkan analisis XRD | 46 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | halaman |
|--|----------------|
| 1. Perkiraan Uji Flavonoid | 31 |
| 2. Perkiraan Uji Saponin | 32 |
| 3. Optimasi Nanopartikel Bimetal Ag-Cu..... | 32 |
| 4. Sintesis Nanopartikel Bimetal Ag-Cu..... | 37 |
| 5. Mekanisme Reduksi Ag ⁺ Oleh Flavonoid | 38 |
| 6. Mekanisme Reduksi Cu ²⁺ Oleh Flavonoid. | 39 |
| 7. Spektrum Uv-Vis Nanopartikel Bimetal Ag-Cu | 40 |
| 8. Spektrum FTIR | 42 |
| 9. Intensitas Distribusi Ukuran Nanopartikel Bimetal Ag-Cu | 44 |
| 10. Difaktogram XRD Nanopartikel Bimetal Ag-Cu | 45 |
| 11. Hasil Analisis Nanopartikel Ag-Cu Menggunakan SEM | 47 |
| 12. Penghambatan Bakteri Setelah 24 Jam Inkubasi | 48 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | halaman |
|--|----------------|
| 1. Bagan kerja preparasi sampel dan optimasi komposisi | 61 |
| 2. Bagan Kerja Uji Fitokimia | 62 |
| 3. Pembuatan Larutan | 63 |
| 4. Bagan Kerja Optimasi Komposisi Ekstrak dan Logam | 64 |
| 5. Bagan kerja Sintesis Nanopartikel Ag-Cu | 65 |
| 6. Bagan Kerja Karakterisasi Nanopartikel Bimetal Ag-Cu | 66 |
| 7. Bagan Kerja Uji Bioaktivitas Antibakteri | 66 |
| 8. Perhitungan pembuatan larutan logam dan konsentrasi ekstrak | 69 |
| 9. Perhitungan XRD | 70 |
| 10. Dokumentasi Penelitian | 73 |
| 11. Hasil Karakterisasi | 75 |

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

| Simbol/Singkatan | Arti |
|-------------------------|-----------------------------------|
| B | nilai FWHM |
| D | Ukuran Kristal |
| K | konstanta " <i>shape factor</i> " |
| θ | sudut Bragg |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi adalah teknologi yang digunakan untuk memproduksi material berukuran nanometer (nanopartikel), dengan kisaran antara 1-100 nm, melalui pengendalian/kontrol terhadap bentuk dan ukuran produk (Sudibyo dan Djumarman, 2008; D'almeida dan Roth, 2015). Nanopartikel dengan sifat khas seperti ukuran partikel yang sangat kecil dan fleksibilitas tinggi (Ningsih dkk., 2017) serta sifat optik, mekanik, listrik dan katalitik yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti lingkungan, biomedis dan optik (Papazoglow dan Parthasarathy 2007; Prasetiowati dkk., 2018; Blosi dkk., 2016). Berdasarkan jumlah logam penyusunnya, nanopartikel dapat dibagi menjadi nanopartikel monometal (tersusun dari satu logam), bimetal (tersusun dari dua logam), trimetal (tersusun atas tiga logam), atau multimetal (tersusun lebih dari tiga logam) (Mazhar dkk., 2017).

Nanopartikel bimetal adalah nanopartikel yang dibuat dengan menggabungkan dua logam, memiliki sifat dan struktur geometri yang merupakan kombinasi sinergis antara kedua logam pembentuknya. Selanjutnya, berdasarkan literatur diketahui bahwa bimetal nanopartikel juga memiliki stabilitas, selektifitas, dan kemampuan katalitik yang relatif lebih baik dibandingkan dengan monometal nanopartikel (Mazhar dkk, 2017; Arora dkk, 2020). Salah satu jenis nanopartikel bimetal yang saat ini relatif banyak dikembangkan ialah nanopartikel

bimetal Ag-Cu. Sejumlah penelitian yang telah dilakukan untuk bimetal Ag-Cu diantaranya menyangkut penghambatan terhadap bakteri, dengan cara membandingkan daya hambat bimetal Ag-Cu, logam Ag dan logam Cu. Hasilnya menunjukkan bahwa nanopartikel Ag-Cu memiliki daya hambat yang jauh lebih baik dibandingkan dengan individu nanopartikel Ag dan Cu (Kim dkk., 2007; Paszkiewicz dkk., 2016; Gabriella dkk., 2016). Selanjutnya, penelitian Ashishie dkk (2018) menunjukkan bahwa nanopartikel bimetal Ag-Cu memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* dengan zona hambat sebesar 27 mm dan terhadap bakteri *E. coli* dengan zona hambat 13 mm.

Sintesis nanopartikel umumnya dilakukan menggunakan dua metode yaitu *top down* dan *bottom up* (Mazhar dkk., 2017). Metode *top down* dilakukan dengan dengan cara memecah materi terus menerus sampai mendapatkan partikel berukuran nano. Selanjutnya, metode *bottom up* menggunakan cara menggabungkan atom-atom menjadi molekul baru yang terus ditumbuhkan hingga terbentuk molekul dengan ukuran nano. Salah satu modifikasi pendekatan sintesis *bottom up* yang saat ini banyak dikembangkan adalah metode *green synthesis*, yakni dengan mengaplikasikan bahan berupa ekstrak yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme sebagai bioreduktor (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013; Mazhar dkk., 2017). Sintesis nanopartikel yang dimediasi oleh ekstrak organisme ini dapat mengurangi penggunaan reduktor-reduktor nonalami secara berkelanjutan. Kelebihan lain dari metode *green synthesis* ini adalah minimalnya penggunaan pelarut organik karena seluruhnya menggunakan air sebagai pelarut yang menurunkan resiko lingkungan dan biaya (Soni dkk., 2018).

Sintesis nanopartikel logam dengan bantuan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor logam dilakukan pada kondisi suhu kamar dan waktu reaksi yang relative singkat serta dapat diamati melalui perubahan warna yang diakibatkan oleh reduksi logam monovalen/divalent menjadi nol (Safepour dkk., 2009).

Salah satu ekstrak tanaman yang digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis bimetal nanopartikel pada penelitian ini adalah ekstrak air binahong (*Anredera cordifolia* L.), yang merupakan tanaman yang cukup dikenal sebagai tanaman obat untuk mengobati penyakit (Hasbullah, 2016; Rajathi dan Suja, 2017; Wattimena dan Patty, 2017). Tanaman ini juga diketahui memiliki kandungan antioksidan yang tinggi (IC₅₀ sebesar 40,27 ppm) (Kartika dkk., 2016). Tanaman ini juga diketahui memiliki kandungan metabolit sekunder berupa saponin, alkaloid, polifenol, flavonoid dan beberapa senyawa lainnya (Anwar dan Soleha, 2016).

Sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan tanaman binahong sebagai bioreduktor pada umumnya masih sebatas pada penggunaan daunnya saja karena merupakan salah satu organ tumbuhan yang paling banyak dan mudah didapatkan. Selain itu, daun binahong memiliki kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid dengan gugus -OH yang dapat berperan dalam proses reduksi logam (Armah, 2014; Jain dan Mehata, 2017; Reverber dkk., 2016). Namun, hampir semua bagian dari tanaman binahong memiliki kandungan metabolit sekunder seperti daun sehingga dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel. Salah satu bagian dari tumbuhan binahong yang dapat dijadikan

sebagai bioreduktor adalah ekstrak dari batang binahong (Astuti dkk., 2011; Dwiyulita, 2019, Wattimena dan Patty, 2017; Rajathi dan Suja, 2016).

Penelitian Dwiyulita (2019) sebelumnya berhasil menyintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak air batang binahong dengan hasil nanopartikel berukuran rata-rata 40-50 nm. Selanjutnya, Munandar (2019) dengan ekstrak air batang binahong juga berhasil menyintesis nanopartikel tembaga dengan ukuran rata-rata partikel sebesar 80-100 nm. Sebagai kelanjutan dari penelitian di tersebut maka kami melakukan sintesis bimetal nanopartikel Ag-Cu menggunakan menggunakan ekstrak air Batang Binahong sebagai bioreduktor dan menguji aktifitas antibakterinya, karena sampai sejauh ini belum ditemukan bukti kepustakaan yang menunjukkan hal ini pernah dilakukan sebelumnya.

Beberapa penelitian tentang sintesis bimetal nanopartikel Ag-Cu dengan ekstrak bahan alam lainnya telah dilakukan, antara lain: Avula dkk (2020) berhasil menyintesis nanopartikel bimetal Ag-Cu dengan bioreduktor ekstrak air daun tulasi dengan hasil nanopartikel Ag-Cu berukuran 22,89 nm; dan Ashishie dkk (2017), menyintesis bimetal nanopartikel Ag-Cu menggunakan ekstrak air buah *Kigelia africana* untuk menghasilkan produk berukuran 10 nm. Berdasarkan hasil penelitian oleh Ashishie dkk (2017) juga diketahui adanya aktivitas antibakteri oleh nanopartikel bimetal Ag-Cu terhadap bakteri *E. coli* dengan zona hambat 13 mm dan *S. aureus* dengan zona hambat 27 mm. Berdasarkan temuan-temuan di atas, maka dilakukan sintesis nanopartikel bimetal Ag-Cu menggunakan ekstrak air batang binahong serta menguji aktivitasnya sebagai antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. bagaimana potensi ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.) sebagai bioreduktor dalam proses sintesis nanopartikel Ag-Cu?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel Ag-Cu yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.)?
3. bagaimana aktivitas antibakteri nanopartikel Ag-Cu yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.)?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini ialah melakukan sintesis dan karakterisasi nanopartikel bimetal Ag-Cu dengan menggunakan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.) sebagai bioreduktor, serta menguji aktivitasnya sebagai antibakteri.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. menyintesis nanopartikel bimetal Ag-Cu dengan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.) sebagai bioreduktor
2. melakukan karakterisasi nanopartikel bimetal Ag-Cu yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.)
3. menguji aktivitas nanopartikel bimetal Ag-Cu yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang binahong (*Anredera cordifolia* L.)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberi kontribusi terbaru terhadap dunia pengetahuan dan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel bimetal Ag-Cu dengan bioreduktor ekstrak batang binahong (*Anredera cordifolia* L.) sebagai bahan antibakteri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Binahong

2.1.1 Tinjauan Taksonomi

Binahong (*Anredera cordifolia* L.) adalah salah satu tanaman obat yang termasuk dalam family Basellaceae dan berasal dari Cina dengan nama asalnya adalah Dheng shan chi yang kemudian menyebar ke Asia Tenggara. Di Indonesia tanaman ini dikenal sebagai gendola atau gapura yang melingkar di atas jalan taman (Manoi dan Balitro, 2009). Binahong juga dikenal di beberapa negara dengan berbagai nama seperti : *madeira vine*, *potato vine*, *lamb's tail vine*, *mignonette vine*, *sweet mignonette*, *heart-leaf madeira vine*, *jalap vine*, *white shroud*, *enradera del mosquito*, *enradera papa*, *Boussingaultia gracilis* Miers., *Boussingaultia cordifolia*, dan *Boussingaultia basselloides* (Vivian-Smith, 2007).

Taksonomi Binahong menurut Anwar dan Solehah (2016) diklasifikasikan sebagai berikut :

| | |
|--------------|---|
| Kingdom | : Plantae |
| Kingdom | : Tracheobionta |
| Superdivisio | : Spermatophyta |
| Divisio | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Magnoliopsida |
| Subkelas | : Hamamelidae |
| Ordo | : Caryophyllales |
| Familia | : Basellaceae |
| Genus | : <i>Anredera</i> |
| Species | : <i>Anredera cordifolia</i> (Tenore) Steenis |

2.1.2 Tinjauan Morfologi

Tanaman binahong (*Anredera cordifolia* L.) adalah tumbuhan menjalar, dapat mencapai panjang lebih dari 6 m, dan berumur panjang. Batang Binahong bertekstur lunak dan kasar, berbentuk silindris, saling membelit, berwarna merah, bagian dalam solid, permukaan halus, kadang membentuk semacam umbi yang melekat di ketiak daun dengan bentuk tak beraturan.

Morfologi lain yang karakteristik adalah memiliki daun tunggal, bertangkai sangat pendek, tersusun berseling, berwarna hijau, bentuk jantung, panjang 5-10 cm, lebar 3-7 cm, helaian daun tipis lemas, ujung runcing, pangkal berlekuk, tepi rata, permukaan licin, dan bisa dimakan. Selanjutnya, bunga binahong adalah majemuk berbentuk tandan, bertangkai panjang, muncul di ketiak daun, mahkotanya berwarna krem keputih-putihan berjumlah lima helai tidak berlekatan, panjang helai mahkota 0,5- 1 cm, dan berbau harum. Selanjutnya, akar binahong berbentuk rimpang dan berdaging lunak (Badan POM RI, 2008; Manoi dan Balitro, 2009).

2.1.3 Tinjauan Ekologi

Tanaman binahong (*Anredera cordifolia* L.) ini pertama kali ditemukan oleh Tenore dari percontoh yang dikumpulkan di daerah Buenos Aires, Argentina; awalnya diberi nama *Boussingaultia cordifolia* (Xifreda dkk., 2000). Tanaman ini, yang merupakan tanaman tropis dan sub-tropis, banyak tumbuh di Amerika Selatan khususnya wilayah Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay dan Uruguay. Spesies ini diketahui merupakan tanaman asli dari Paraguay, Selatan Brazil dan Utara Argentina, yang berlokasi di garis lintang 20-30° lintang selatan. Tanaman binahong dapat bertahan hidup pada lingkungan dengan kisaran suhu

10-30 °C dan rata-rata curah hujan 500-2000 mm yang ditumbuhi beragam jenis vegetasi hutan, padang rumput, lahan pertanian dan semak belukar (Vivian-Smith, 2007).

2.2 Metabolit Sekunder pada Binahong

Tanaman binahong (*Anredera cordifolia* L.) kandungan metabolit sekunder yang beragam pada semua bagian tanaman seperti akar, batang, daun, dan bunga. Kandungan metabolit sekunder itu berupa flavonoid, alkanoid, terpenoid, saponin, serta senyawa polifenol (Astuti dkk., 2011; Nida, 2014; Rimporok dkk., 2015).

2.2.1 Flavonoid

Flavonoid, salah satu golongan senyawa fenol alam, adalah konstituen metabolit sekunder yang terbesar dalam tanaman binahong. Golongan senyawa ini tersusun dari 15 atom karbon sebagai intinya dengan konfigurasi C₆-C₃-C₆ yakni 2 cincin aromatik yang terhubung satu sama lain oleh tiga atom karbon yang dapat berbentuk linier atau membentuk cincin segitiga (Parwata, 2016). Senyawa Flavonoid umumnya berperan sebagai antibiotik yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti virus dan bakteri. Aktivitas farmakologi lain dari senyawa flavonoid adalah sebagai anti inflamasi, analgesik dan antioksidan (Etha dkk., 2015).

Anwar dan Solehah (2017) mengidentifikasi adanya senyawa flavonoid pada daun, batang, umbi dan bunga binahong. Selanjutnya, hasil uji fitokimia yang dilakukan oleh Kumalasari dan Sulistyawani (2011) mengonfirmasi adanya senyawa flavonoid pada ekstrak etanol kulit batang Binahong. Senyawa flavonoid

pada batang binahong juga dikonfirmasi melalui penelitian oleh Ardianto (2019); Dwiyulita (2019); Ekawati (2018) dan Munandar (2019).

2.2.2 Alkaloid

Alkaloid adalah matabolit sekunder bahan alam yang ditandai dengan sifat basanya yang khas akibat keberadaan atom hetero Nitrogen. Dalam senyawa alkaloid seringkali dijumpai juga atom lain selain Nitrogen sebagai atom hetero, diantaranya oksigen, sulfur, halogen, dan fosfor yang agak jarang ditemukan (Babbar, 2015).

Alkaloid, salah satu metabolit sekunder yang cukup banyak dijumpai disamping flavonoid, umumnya digolongkan berdasarkan sistem cincinnya, diantaranya golongan piridina, piperidina, indol, isokuinolina, dan tropana (Illing dkk., 2017). Kandungan alkaloid dalam tanaman binahong ditemukan pada bagian batang, daun dan umbinya (Astuti dkk., 2011; Hanson, 2013)

2.2.3 Terpenoid

Terpenoid adalah konstituen metabolit sekunder yang cukup banyak ditemukan tumbuhan hal ini disebabkan precursor biosintesisnya, yakni unit isoprene $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2$, dihasilkan oleh hampir semua tanaman dan tumbuhan. Semua senyawa terpenoid dibentuk dari penggabungan dua atau lebih kerangka dasar C-5 isoprena ini. Klasifikasi senyawa inipun dilakukan berdasarkan jumlah unit C-5 yang terdapat dalam senyawa tersebut, misalnya monoterpen (C-10), sesquiterpen (C-15), diterpen (C-20), triterpen (C-30) atau tetraterpen (C-40) satuan (Illing dkk., 2017).

2.2.4 Saponin

Saponin merupakan glikosida yang memiliki aglikon berupa steroid dan triterpenoid. Saponin memiliki berbagai kelompok glikosil seperti yang terikat pada posisi C₃, dan juga memiliki dua rantai gula yang melekat pada posisi C₃ dan C₁₇ (Vincken dkk., 2007). Berdasarkan hasil penelitian Hasbullah (2016) dan Astuti dkk (2011) diketahui bahwa bagian daun, batang dan umbi tanaman binahong mengandung senyawa saponin.

2.3 Tinjauan Umum Nanopartikel

Nanopartikel, juga dikenal sebagai nanosfer atau nanokapsul, didefinisikan sebagai dispersi padat yang berukuran antara 10-100 nm (Mohanraj dan Chen, 2006; Pal dkk., 2011). Akibat ukuran partikel yang begitu maka nanopartikel mengalami perubahan sifat fisika dan kimia yang unik diantaranya munculnya pengaruh kuantum, meluasnya area permukaan, dimungkinkan untuk melakukan pengaturan sendiri (*self-assembly arrangement*) (Kumar dan Kumbat, 2016). Nanopartikel memiliki beragam bentuk misalnya logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, bahan karbon, organik atau biologis (Nagarajan, 2008).

Berdasarkan dimensinya, nanopartikel dibedakan menjadi satu dimensi (*monolayer*), dua dimensi (*bi-layer*) dan tiga dimensi (*three-layer*), sedangkan berdasarkan penyusunnya nanopartikel dibedakan atas nanopartikel anorganik, yang tersusun dari logam-logam anorganik; dan nanopartikel organik yang tersusun dari molekul organik alam maupun sintetis. Selanjutnya, berdasarkan jenis logam penyusunnya nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu nanopartikel magnetik yang terdiri atas logam besi; nanopartikel logam mulia yang terdiri atas logam-logam mulia seperti platinum, perak atau emas; dan

nanopartikel semi konduktor yang terdiri atas titanium dioksida atau seng oksida (Bhatia, 2016; Romero dan Moya, 2012; Nagarajan, 2008).

2.4 Sintesis Nanopartikel

Sintesis nanopartikel umumnya dilakukan dengan tiga metode yang berbeda, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Secara fisika nanopartikel dibuat dengan prinsip evaporasi-kondensasi menggunakan tanur mikro pada kondisi tekanan atmosfer. Beberapa keuntungan dari metode fisika antara lain adalah kecepatan sintesisnya, penggunaan radiasi sebagai agen pereduksi, dan tidak melibatkan bahan kimia yang berbahaya. Namun kerugian dari metode ini adalah perolehan hasil yang rendah, konsumsi energi yang tinggi, kontaminasi pelarut, dan kurangnya distribusi yang seragam (Zhang dkk., 2016).

Metode kimiawi menggunakan air atau pelarut organik untuk menyintesis nanopartikel. Proses sintesis ini umumnya menggunakan tiga komponen utama yaitu prekursor logam, zat pereduksi, dan zat penstabil (*capping agent*) (Zhang dkk., 2016). Menurut Mahmoodi dkk (2018) sintesis nanopartikel secara kimia dapat menggunakan lima teknik utama yaitu perlakuan kimia (*chemical treatment*), perlakuan suhu (*thermal treatment*), sintesis elektrokimia (*electrochemical synthesis*), teknik fotokimia (*photochemical technique*) dan teknik sonokimia (*sonochemical technique*). Teknik perlakuan kimia adalah yang terbanyak digunakan dalam sintesis nanopartikel. Selanjutnya teknik ini, karena pertimbangan aspek lingkungan, telah mengalami modifikasi lebih lanjut menjadi model *green synthesis* yang menyintesis nanopartikel secara ramah lingkungan dengan tidak menggunakan bahan berbahaya.

Pendekatan lain yang digunakan dalam sintesis nanopartikel dikemukakan oleh Mazhar dkk (2017) yang mengklafisikasikan sintesis nanopartikel menjadi dua pendekatan , yaitu *top down* dan *bottom up*. Sintesis *top down* adalah penguraian material dalam jumlah besar untuk mendapatkan partikel berukuran nano, sedangkan sintesis *bottom up* diawali dengan pengaturan atom menjadi molekul baru yang kemudian tumbuh menjadi kluster dan akhirnya perlahan-lahan membentuk partikel berskala nano. Beberapa perbedaan mendasar antara metode *top down* dan *bottom up* dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan Metode *top down* dan *bottom up* (Mazhar dkk., 2017).

| No | Metode <i>top down</i> | Metode <i>bottom up</i> |
|----|--|---|
| 1 | Dimulai dengan material padat curah (butiran/serbuk) | Dimulai dengan atom, ion dan molekul |
| 2 | Fragmentasi bahan curah menjadi partikel berskala nano dengan ada atau tidaknya katalis dengan aplikasi eksternal gaya mekanis | Atom, ion, dan molekul bertindak sebagai blok pembangun berkumpul menjadi cluster skala nano dengan atom atau molekuler presisi |
| 3 | Tidak ada kontrol khusus atas bentuk dan ukuran | Memiliki kontrol khusus atas bentuk dan ukuran |
| 4 | Lebih cepat dari metode <i>bottom up</i> | Lebih lambat |
| 5 | Digunakan untuk produksi skala besar | Produksi skala laboratorium |
| 6 | Mengalami proses penggilingan bola, pencampuran leleh, penggilingan mekanis dan lainnya | Mengalami proses pendekatan kimiawi pengendapan, proses sol-gel dan pirolisis. |

2.5 Nanopartikel Bimetal

Nanopartikel bimetal, material nanopartikel dengan 2 (dua) logam, telah memainkan peran penting dalam proses peningkatan kinerja sifat fisika suatu material seperti deteksi optik, meningkatkan stabilitas dan dispersi nanopartikel,

serta perbaikan sifat magnetik dan optik. Kesulitan sintesis nanopartikel bimetal sangat bergantung pada struktur dan komposisi dari nanomaterialnya sehingga membutuhkan pengendalian secara akurat untuk menghasilkan nanopartikel sesuai dengan kebutuhan dan manfaat yang diinginkan (Srinoi dkk., 2018). Bimetal nanopartikel banyak dimanfaatkan dalam bidang biomedis, biomarker, penandaan (*labeling*), optik, katalis heterogen dan banyak bidang lainnya (Loza dkk., 2020).

Menurut Mazhar dkk (2017) sintesis bimetal nanopartikel dapat menghasilkan beberapa jenis struktur antara lain:

- a. Struktur *crown jewel* . Dalam jenis struktur ini, satu atom logam (atom mahkota) terkumpul di permukaan dari logam lain secara terkendali. Logam 'mahkota' biasanya adalah logam-logam mulia misalnya: Au, Pt, dan Ir.
- b. Struktur *hollow*. Struktur ini ditandai dengan volume pori yang besar dan rasio permukaan ke volume yang tinggi.
- c. Struktur *hetero*—Terbentuk dengan salah satu logam membentuk cabang di atas logam lainnya dan secara keseluruhan membentuk struktur nanokristalin .
- d. Struktur *core shell* adalah struktur yang terbentuk dengan salah satu logam yang lebih aktif berperan sebagai cangkang (*shell*) dan didukung oleh logam kedua sebagai inti (*core*). Nanopartikel bimetalik *Core shell* banyak digunakan sebagai katalis dengan efektifitas dan efisiensi yang sangat tinggi.
- e. Struktur paduan (*alloyed*). Struktur paduan bimetalik terbentuk saat dua atom logam yang berbeda memiliki sifat terdistribusi homogen dalam satu partikel.
- f. Struktur berpori (*porous*). Struktur ini merupakan paduan logam yang menghasilkan peningkatan luas permukaan, kepadatan yang rendah dan permeabilitas gas tinggi, sehingga berfungsi sebagai katalis yang baik.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bimetal nanopartikel menghasilkan perbaikan sifat, baik fisika maupun kimia, secara signifikan (Arora dkk., 2020; Sharma dkk., 2019). Bimetal nanopartikel memiliki karakteristik campuran struktur geometri yang sangat memengaruhi fungsinya, seperti stabilitas, selektivitas, dan aktivitas katalitik yang lebih baik dibandingkan dengan monometal nanopartikel. Bimetal nanopartikel dalam fungsinya sebagai katalis dapat melakukan konversi kimia yang jauh lebih baik dari nanopartikel monometal karena sifat dari individu logam dalam bimetalik nanopartikel akan melakukan fungsi tertentu untuk melakukan optimasi reaksi secara keseluruhan dan memperbaiki mekanismenya secara lebih efektif dan efisien. Efek sinergis dari dua logam nanopartikel selanjutnya akan meningkatkan kinerja fungsi dan aplikasinya di berbagai bidang. Selanjutnya hanya dengan mengubah individu logam bimetal nanopartikel maka struktur geometris, sifat fisika dan sifat kimianya dapat dimodifikasi agar mampu bekerja lebih baik (Mazhar dkk., 2017).

2.6 Nanopartikel Bimetal Ag-Cu

Penelitian tentang bimetal nanopartikel telah cukup banyak dilakukan namun masih sangat terbatas untuk bimetal Ag-Cu terutama yang berhubungan dengan pengaruh parameter sintesis seperti pereaksi logam, reduktor, penstabil, dan kondisi reaksi (suhu dan tekanan) terhadap pembentukan, struktur, dan ukuran bimetal nanopartikel yang dihasilkan (Paszkievics dkk., 2016). Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang bimetal nanopartikel Ag-Cu diketahui bahwa material ini banyak diaplikasikan untuk perangkat elektronik, kedokteran gigi dan biologi. Secara khusus Hikmah dkk (2015) menunjukkan bahwa nanopartikel Ag dan Cu secara individu memiliki potensi besar untuk

dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena memiliki sifat listrik dan termal yang sangat baik. Sejauh ini diketahui bahwa di antara berbagai bimetal nanopartikel Ag-Cu yang telah berhasil disintesis kebanyakan memiliki struktur *crystal core-shell* (Freire dkk., 2020; Hikmah dkk., 2015; Xiong, 2017).

2.7 Tanaman Binahong dalam Sintesis Nanopartikel

Kandungan metabolit sekunder yang terdapat dalam tanaman binahong diketahui dapat bertindak sebagai bioreduktor logam dalam sintesis nanopartikel. Tjang dkk (2019) berhasil menyintesis nanopartikel Ag/CoFe₂O₄ menggunakan ekstrak air dari daun binahong. Selanjutnya, ekstrak air daun binahong juga berhasil dilakukan dalam sintesis nanopartikel perak (Auw, 2020).

Dwiyulita (2019) dalam upaya menyintesis nanopartikel perak dengan ekstrak air dari batang tanaman binahong mampu menghasilkan produk nanopartikel perak, dan berhasil membuktikan bahwa yang berperan dalam proses reduksi logam Ag pada sintesis nanopartikel itu adalah gugus –OH pada senyawa flavonoid yang merupakan konstituen utama dari kulit batang tanaman binahong. Penelitian selanjutnya oleh Munandar (2019) yang juga menggunakan ekstrak air batang binahong dalam sintesis nanopartikel tembaga mengonfirmasi temuan yang sama. Flavonoid yang memiliki gugus fungsional –OH reaktif berperan dalam proses reduksi ion tembaga dengan melakukan proses tautomeri keto-enol untuk membentuk nanopartikel tembaga.

2.8 Karakterisasi

2.8.1 Spektroskopi UV-Vis

Spektroskopi Uv-Vis digunakan untuk mengukur intensitas cahaya melewati sampel dan membandingkan dengan intensitas cahaya sebelum melewati

sampel (Lubis, 2015). Spektroskopi UV-Vis adalah teknik yang banyak dipakai dalam proses karakterisasi nanopartikel hasil sintesis karena mampu melakukan pemantauan proses sintesis dan sekaligus stabilitas nanopartikel. Selain itu teknik spektroskopi ini juga relatif cepat, mudah, sederhana, sensitif, dan selektif untuk berbagai jenis nanopartikel (Zhang dkk., 2016).

2.8.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah suatu teknik berbasis radiasi elektromagnetik yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul yang berada pada panjang gelombang 0,75-1000 μm atau pada bilangan gelombang 10.000-10 cm^{-1} (Lubis, 2015). Analisis menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi logam pada sintesis nanopartikel (Sastrohamidjojo, 2013).

Spektroskopi FTIR cukup banyak digunakan untuk untuk karakterisasi hasil sintesis nanopartikel yang disintesis dengan bantuan biomolekul yang berasal dari ekstrak tanaman, hewan, dan mikroorganisme untuk mengetahui gugus fungsional apa dalam biomolekul yang terlibat dalam sintesis nanopartikel. Selain itu, FTIR juga telah diperluas penggunaannya untuk mempelajari karakteristik bahan berskala nano seperti konfirmasi gugus fungsional yang berinteraksi secara kovalen ke logam perak, nanotube karbon, *graphene* dan emas pada nanopartikel. atau interaksi yang terjadi antara enzim dan substrat selama proses katalitik. Selanjutnya, karena sifatnya yang non-invasif maka spektrometer FTIR memiliki keunggulan dibandingkan dengan spektrometer dispersif antara lain: kecepatan pengumpulan data, sinyal yang kuat, rasio *signal-to-noise* yang besar, dan lebih sedikit sampel yang digunakan (Zhang dkk., 2016). Prinsip analisis

FTIR adalah adanya ikatan antar dua atom yang bervibrasi dengan frekuensi tertentu dan khas serta berada pada bilangan gelombang di daerah serapan inframerah (Sastrohamidjojo, 2013).

2.8.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X (XRD) adalah metode analisis yang dipakai untuk mengidentifikasi secara kualitatif struktur molekul dan kristal, kuantitas spesies kimia, derajat kristalinitas, substitusi isomorf, ukuran partikel, dll. Jika berkas cahaya sinar-X ditembakkan pada kristal maka berkas itu akan membentuk beragam pola difraksi yang dapat menunjukkan karakteristik fisikokimia dari kristal tersebut. Pola difraksi juga dapat menjelaskan apakah suatu sampel itu murni atau masih mengandung pengotor. Oleh karena itu, XRD telah lama digunakan untuk mengidentifikasi material umum maupun nanomaterial, spesimen forensik, industri, dan material percontoh geokimia (Zhang dkk., 2016).

Menurut Logeswari dkk (2013) pola XRD dapat menunjukkan bentuk permukaan kristal nanopartikel berdasarkan nilai refleksi Bragg. Selanjutnya menggunakan difraktograf XRD diameter nanopartikel juga dapat dihitung dengan membandingkan luas garis bidang dan puncak pembiasan menggunakan persamaan Scherrer berikut:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta_{1/2} \cos \theta} \quad (1)$$

Persamaan ini menggunakan lebar puncak referensi pada sudut θ , dimana λ adalah panjang gelombang sinar X (1,5418 Å), $\beta_{1/2}$ adalah lebar puncak XRD pada setengah tinggi puncaknya, dan K adalah *shape factor*.

2.8.4 Particle Size Analysis (PSA)

Particle Size Analysis (PSA) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel yang terdistribusi dalam dispersi larutan. PSA, yang dapat mengukur partikel dalam rentangan 0,3 nm hingga 8 μm (Horiba, 2012), mendasari pengukurannya pada hamburan sinar laser oleh partikel-partikel nanopartikel dalam sampel. Pancaran sinar laser yang keluar dari *pinhole* (jarum kecil) kemudian diteruskan ke partikel dalam sampel. Partikel-partikel dalam sampel menghamburkan kembali cahayanya melalui *pinhole* dan masuk ke detektor. Sinyal analog yang terdeteksi lalu diubah menjadi sinyal digital yang kemudian diolah menjadi deret hitung (Nuraeni dkk., 2013).

2.8.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy adalah alat yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek padatan secara langsung dengan perbesaran 10-3000000x, *depth of field* 4-04 nm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Prinsip analisis dari SEM adalah dengan menembakan sinar elektron dan dipercepat dengan anoda dengan lensa magnetik yang memfokuskan elektron menuju sampel. Kemudian sinar elektron yang terfokus akan memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan arahan dari koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel, maka sampel akan melepaskan elektron yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (Lubis, 2015).

2.9 Aktivitas Antibakteri

Ciri-ciri bakteri pada umumnya adalah: berbentuk sel tunggal (uniseluler); tidak memiliki klorofil; berkembangbiak dengan pembelahan sel; dan hidup sebagai jasad renik yang saprofitik ataupun parasitik. Bakteri dapat hidup di

udara, di dalam tanah, didalam air, dan pada tanaman ataupun tubuh manusia atau hewan (Putri dkk, 2017).

Berdasarkan komposisi dinding selnya bakteri terbagi menjadi 3 jenis yaitu bakteri gram positif, bakteri gram negatif dan bakteri tanpa dinding sel. Karakter bakteri Gram positif adalah komposisi dinding selnya yang terdiri atas gabungan beberapa lapisan peptidoglikan yang membentuk struktur tebal dan kaku. Terdapat sekitar 40 lapisan peptidoglikan, atau disebut juga lapisan murein atau mukopeptida, yang merupakan 50% dari bahan dinding sel. Pada bakteri Gram negatif hanya ada 1 atau 2 lapisan yang merupakan 5-10% dari bahan dinding sel. Bakteri yang termasuk gram positif adalah bakteri *Staphylococci*, *Streptococci*, *Enterococci*, *Clostridium* dan *Bacilus*. Bakteri yang termasuk gram negatif adalah *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *E. Coli* dan sebagainya (Putri dkk, 2017).

Semakin cepatnya perkembangan sifat resistensi bakteri terhadap antibiotik saat ini menjadi alasan meningkatnya secara signifikan kebutuhan akan bahan antibakteri. Bahan alam adalah merupakan salah satu sumber potensial bahan antiakteri, namun secara umum bahan alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya: toksisitasnya bagi tubuh manusia, dan kontaminasi lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi untuk memasukkan komponen tertentu seperti logam yang diharapkan dapat memberikan perlindungan pada permukaan terhadap bakteri untuk jangka waktu relatif lama. Beberapa nanopartikel logam diketahui dapat menghambat pertumbuhan bakteri tanpa merusak jaringan di sekitarnya saat digunakan dalam proses penyembuhan luka (Xiong, 2017).

Aktivitas nanopartikel sebagai antibakteri sangat bervariasi tergantung pada penyusunnya (Fernando dkk., 2018). EmanAlzahrani dan Ahmed (2016), yang menyintesis nanopartikel tembaga dan menguji aktivitas penghambatannya terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*; menemukan hasil yang menunjukkan bahwa nanopartikel tembaga lebih aktif menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* (gram negatif) dibandingkan bakteri *S. aureus* (gram positif). Penelitian Ruparelia dkk (2008) menunjukkan bahwa efek antibakteri dari nanopartikel sangat dipengaruhi oleh kemampuannya untuk berinteraksi dengan dinding sel bakteri. Selanjutnya, Song dkk, (2006); yang menyintesis nanopartikel perak dan menguji aktivitasnya terhadap bakteri bakteri *E. coli* dan *S. aureus*; menemukan bahwa nanopartikel perak mampu menembus bakteri dan menyebabkan kerusakan lebih lanjut karena berinteraksi dengan senyawa yang mengandung sulfur dan fosfor seperti DNA. Hasil penelitian ini sekaligus mengonfirmasi penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gibbins dan Warner (2005). Rai dkk (2009) menjelaskan bagaimana proses penghambatan bakteri itu berlangsung dimulai ketika nanopartikel perak memasuki sel bakteri dan kemudian memaksa bakteri untuk mengeliminir pengaruh nanopartikel dengan berusaha melindungi DNA-nya. Proses ini menyebabkan nanopartikel perak lebih leluasa menyerang siklus respirasi yang selanjutnya berdampak pada proses pembelahan sel yang berujung pada kematian sel.

Hikmah dkk (2016) dan Xiong (2017) melaporkan bahwa bimetal nanopartikel Ag-Cu menunjukkan aktivitas anti bakteri yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nanopartikel Ag dan Cu secara individu. Selain itu, nanopartikel bimetal Ag-Cu juga menunjukkan reaktivitas permukaan yang jauh lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan proses antarmuka yang dapat

diaplikasikan dalam bidang katalis. Selanjutnya, penelitian Nazeruddin dkk., (2014) menunjukkan bahwa nanopartikel Ag-Cu memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap beberapa jenis bakteri patogen. Penelitian oleh Ashishie dkk (2018) juga melaporkan bahwa nanopartikel bimetal Ag-Cu memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *S.aureus* dengan zona hambat sebesar 27 mm dan terhadap bakteri *E.coli* dengan zona hambat 13 mm.