

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Ag–Cd DENGAN
EKSTRAK AIR BATANG SIDAGURI (*Sida rhombifolia* L.) SEBAGAI
BIOREDUKTOR SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**



**ANITA RAHELEA RANGGA BUA
H031 19 1031**



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

2024

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Ag–Cd DENGAN
EKSTRAK AIR BATANG SIDAGURI (*Sida rhombifolia* L.) SEBAGAI
BIOREDUKTOR SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

ANITA RAHELEA RANGGA BUA

H031 19 1031



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Ag–Cd DENGAN
EKSTRAK AIR BATANG SIDAGURI (*Sida rhombifolia* L.) SEBAGAI
BIOREDUKTOR SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

ANITA RAHELEA RANGGA BUA

H031 19 1031

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kimia

pada

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Ag–Cd DENGAN
EKSTRAK AIR BATANG SIDAGURI (*Sida rhombifolia* L.) SEBAGAI
BIOREDUKTOR SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

ANITA RAHELEA RANGGA BUA
H031191031

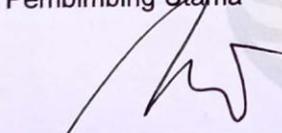
Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 28 Mei 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

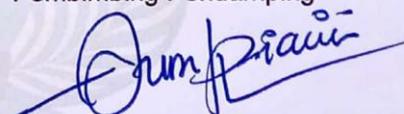
Program Studi Kimia
Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan,

Pembimbing Utama


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

Pembimbing Pendamping


Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si
NIP 19811209 200604 2 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi


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



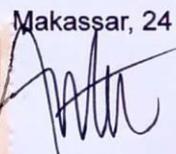
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL Ag–Cd DENGAN EKSTRAK AIR BATANG SIDAGURI (*Sida rhombifolia* L.) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Drs. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc dan Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 24 Juni 2024




Anita Rahelea R.B
NIM H031191031

Ucapan Terimakasih

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan skripsi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Drs. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc sebagai pembimbing utama dan Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si sebagai pembimbing pertama. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada beliau. Terima kasih juga yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc dan Prof. Dr. Indah Raya, M.Si selaku dosen Penguji yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Ibu Tini dan Pak Iqbal atas kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di Laboratorium Kimia Organik dan Kimia Fisika.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin, ketua Departemen Kimia, Ibu Dr. St. Fauziah, M.Si dan Sekretaris Departemen Kimia, Ibu Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si serta seluruh dosen, staf dan analis laboratorium Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin yang telah membagi ilmu dan membantu penulis selama menempuh pendidikan.

Teristimewa kedua orang tua tercinta, Joni dan Filadelfia Weridata. Terima kasih atas segala perhatian, kasih sayang, waktu, materi, serta doa yang tulus dan tiada henti kepada penulis. Adik-adik tersayang, Kezia, Elia, Elisa dan Irene, terimakasih untuk semangat dan doa yang tulus untuk penulis. Rekan penelitian sekaligus sahabat terbaik, Ismi Sri Rahayu, terimakasih telah membersamai penulis dari maba hingga penyelesaian tugas akhir. *Support system* penulis, Gianino Bijang Malona Sahetapy yang selalu menyemangati dan banyak membantu penulis baik selama masa studi maupun penyelesaian tugas akhir. Terimakasih banyak untuk setiap waktu-waktu bahagiannya.

Kepada teman-teman peneliti Kimia Organik dan teman-teman seangkatan Konf19urasi 2019, terimakasih telah memberi warna dan juga membantu penulis selama masa studi. Untuk seluruh keluarga besar Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia secabang Makassar khususnya Komisariat FMIPA Unhas, terima kasih atas proses dan kebersamaannya dalam memuji dan memuliakan Tuhan Yesus Sang Kepala Gerakan. *Ut Omnes Unum Sint. Last but not least*, terima kasih pada diri penulis sendiri karena sudah bertahan, tetap semangat dan tidak putus asa dalam menjalani tugas dan tanggungjawab selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Penulis,

Anita Rahelea R.B.

ABSTRAK

ANITA RAHELEA RANGGA BUA. **Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Ag–Cd dengan Ekstrak Air Batang Sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai Bioreduktor serta Aplikasinya sebagai Antibakteri** (dibimbing oleh Fredryk Welliam Mandey dan Nur Umriani Permatasari).

Latar Belakang. Sintesis bimetal nanopartikel banyak diteliti terkait aktivitasnya sebagai antibakteri, tetapi pengaruhnya jika menggunakan ekstrak air batang sidaguri yang juga memiliki sifat antibakteri sebagai pereduksi logam Ag–Cd belum diketahui. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis, mengkarakterisasi, dan menguji aktivitas antibakteri nanopartikel bimetal Ag–Cd. **Metode.** Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yakni: 1) uji fitokimia; 2) optimasi konsentrasi logam; 3) sintesis nanopartikel bimetal Ag–Cd menggunakan metode reduksi berbasis *green synthesis*; 4) karakterisasi nanopartikel Ag–Cd; dan 5) uji bioaktivitas antibakteri. **Hasil.** Uji fitokimia ekstrak air batang sidaguri mengandung flavonoid, alkaloid dan saponin. Hasil sintesis nanopartikel bimetal Ag–Cd diperoleh sebanyak 0,073 g. Karakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan kestabilan nanopartikel bimetal Ag–Cd pada perbandingan konsentrasi logam 2:1 dengan λ_{maks} 427,5 nm serta absorbansi sebesar 0,790. Analisis FTIR memperlihatkan gugus –OH berperan dalam proses reduksi logam. Ukuran rata-rata nanopartikel bimetal Ag–Cd diukur dengan PSA dan diperoleh ukuran sebesar 44,7 nm. Morfologi nanopartikel berbentuk bulat tidak beraturan yang dianalisis menggunakan SEM-EDX. Analisis kristalinitas menggunakan XRD menunjukkan bentuk kristal *face centered cubic* (FCC). Hasil uji bioaktivitas nanopartikel bimetal Ag–Cd sebagai antibakteri memperoleh zona hambat sebesar 10 mm dan 9,2 mm pada bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. **Kesimpulan.** Nanopartikel bimetal Ag–Cd dapat disintesis menggunakan bioreduktor ekstrak air batang sidaguri serta memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram negatif maupun gram positif.

Kata kunci: bimetal nanopartikel Ag–Cd; ekstrak air sidaguri; *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*.

ABSTRACT

ANITA RAHELEA RANGGA BUA. **Synthesis and Characterization of Ag–Cd Nanoparticles with Aqueous Extract of Sidaguri Stem (*Sida rhombifolia* L.) as a Bioreductor and Its Antibacterial Activity** (supervised by Fredryk Welliam Mandey and Nur Umriani Permatasari).

Background. The synthesis of bimetal nanoparticles has been widely studied regarding its antibacterial activity, but the effect of using water extract of sidaguri stems which also has antibacterial properties as a metal reducing agent is not yet known. **Aim.** This research aims to synthesize, characterize, and test the antibacterial activity of Ag–Cd nanoparticles. **Methods.** The research consisted of several steps, *i.e.* 1) phytochemical test; 2) optimization of metal concentration ratio; 3) synthesis of bimetallic Ag–Cd nanoparticles with green synthesis based reduction method; 4) characterization of Ag–Cd nanoparticles; and 5) antibacterial bioactivity test. **Results.** Phytochemical test of aqueous extract of sidaguri stems contain flavonoids, alkaloids and saponins. The results obtained from the synthesis of Ag–Cd nanoparticles were 0,073 g. Characterization result using UV-Vis Spectrophotometer shows the stability of Ag–Cd bimetal nanoparticles at a ratio of 2:1 with λ_{maks} 427,5 nm and absorbance of 0,790. FTIR analysis shows the –OH group plays a role in metal reduction process. The average size of Ag–Cd nanoparticles is 44,7 nm measured by PSA. The morphology of nanoparticle showed an irregular spherical shaped which analyzed by SEM-EDX. Crystallinity analysis using XRD shown as face centered cubic (FCC). The bioactivity test results of antibacterial inhibitory zone against *E.coli* and *S.aureus* were 10 mm and 9,2 mm. **Conclusion.** Ag–Cd bimetal nanoparticles can be synthesized using water extract of sidaguri stems as bioreductor and have an antibacterial activity against gram negative and gram positive bacteria.

Keywords: bimetallic Ag–Cd nanoparticles, aqueous extract of sidaguri, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Maksud Penelitian	3
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. METODE PENELITIAN.....	5
2.1 Bahan Penelitian	5
2.2 Alat Penelitian	5
2.3 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.4 Prosedur Penelitian	5
2.4.1 Preparasi Sampel.....	5
2.4.2 Uji Fitokimia.....	5
2.4.2.1 Uji Alkaloid	5
2.4.2.2 Uji Flavonoid	6
2.4.2.3 Uji Saponin	6
2.4.2.4 Uji Steroid	6

2.4.2.5 Uji Terpenoid	6
2.4.2.6 Uji Tanin.....	6
2.4.3 Pembuatan Larutan AgNO ₃	6
2.4.4 Pembuatan Larutan Cd(NO ₃) ₂ .3H ₂ O	6
2.4.5 Optimasi Konsentrasi Logam Ag–Cd	7
2.4.6 Sintesis Bimetal Nanopartikel Ag–Cd.....	7
2.4.7 Karakterisasi Nanopartikel	7
2.4.7.1 Karakterisasi dengan UV-Vis.....	7
2.4.7.2 Karakterisasi dengan FTIR	7
2.4.7.3 Karakterisasi dengan PSA	8
2.4.7.4 Karakterisasi dengan XRD.....	8
2.4.7.5 Karakterisasi dengan SEM-EDX.....	8
2.4.8 Uji Antibakteri	8
2.4.8.1 Sterilisasi Alat	8
2.4.8.2 Pembuatan Media <i>Muller Hinton Agar</i> (MHA).....	8
2.4.8.3 Persiapan Suspensi Bakteri Uji.....	9
2.4.8.4 Uji Bioaktivitas Antibakteri.....	9
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN	10
3.1 Uji Fitokimia.....	10
3.2 Optimasi Konsentrasi Logam Ag–Cd	11
3.3 Sintesis Nanopartikel Ag–Cd.....	13
3.4 Karakterisasi Nanopartikel Ag–Cd.....	16
3.4.1 Spektrofotometri UV-Vis.....	16
3.4.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	18
3.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)	20
3.4.4 Particle Size Analyzer (PSA)	22
3.4.5 SEM-EDX	23
3.5 Uji Antibakteri	25
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	27
4.1 Kesimpulan	27
4.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Hasil uji fitokimia pada ekstrak air sidaguri.....	10
2. Hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis	12
3. Data FTIR ekstrak air batang sidaguri dan nanopartikel Ag–Cd.....	19
4. Data analisis XRD bimetal nanopartikel Ag–Cd	21
5. Penentuan struktur kristal.....	21
6. Hasil uji antibakteri terhadap bakteri <i>E.coli</i> dan <i>S.aureus</i>	26

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Hasil uji fitokimia pada ekstrak air sidaguri.....	10
2. Perubahan warna pada pembentukan nanopartikel Ag–Cd	11
3. Hasil sintesis larutan bimetal nanopartikel Ag–Cd.....	14
4. Mekanisme reduksi Ag ⁺ oleh flavonoid.....	15
5. Mekanisme reduksi Cd ²⁺ oleh flavonoid	16
6. Spektrum UV-Vis bimetal nanopartikel Ag–Cd	17
7. Spektrum FTIR ekstrak air sidaguri dan nanopartikel Ag–Cd.....	19
8. Difaktogram XRD bimetal nanopartikel Ag–Cd.....	20
9. Histogram distribusi ukuran bimetal nanopartikel Ag–Cd	22
10. Hasil analisis nanopartikel Ag–Cd menggunakan SEM.....	23
11. Spektrum hasil karakterisasi nanopartikel Ag–Cd dengan EDX.....	24
12. Analisis mapping pada bimetal nanopartikel Ag–Cd	24
13. Aktivitas antibakteri nanopartikel Ag–Cd pada <i>E.coli</i> dan <i>S.aureus</i>	25

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Bagan kerja preparasi sampel.....	33
2. Bagan kerja uji fitokimia	34
3. Pembuatan larutan.....	35
4. Bagan kerja optimasi komposisi ekstrak dan logam.....	36
5. Bagan kerja sintesis nanopartikel Ag–Cd	37
6. Bagan kerja karakterisasi nanopartikel bimetal Ag–Cd	38
7. Bagan kerja uji bioaktivitas antibakteri	39
8. Perhitungan pembuatan larutan	41
9. Perhitungan XRD	43
10. Hasil karakterisasi dengan FTIR	46
11. Hasil karakterisasi dengan XRD.....	48
12. Hasil karakterisasi dengan PSA	51
13. Hasil karakterisasi dengan SEM-EDX	54
14. Dokumentasi penelitian	61

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang/Singkatan	Arti dan penjelasan
λ_{maks}	Panjang gelombang maksimum
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
PSA	<i>Particle Size Analyzer</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>
SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi umumnya didefinisikan sebagai re-desain, pengembangan, dan penggunaan material berukuran nano, yaitu ukuran partikelnya antara 1-100 nm, untuk memperbaiki sifat fisiko-kimia seperti: sensitivitas optik, konduktivitas, reaktivitas, bentuk, dan ukuran/luas permukaan, dan kemagnetannya menjadi lebih baik (Thangadurai et al., 2020). Salah satu jenis nanopartikel yang paling banyak diteliti saat ini adalah nanopartikel logam karena memiliki beberapa keunggulan antara lain lebih stabil, biokompatibel, dan dapat diproduksi dalam skala besar (Prasetiowati et al., 2018; Idris dan Roy, 2023).

Arora et al. (2021) menunjukkan beberapa nanopartikel logam yang telah diteliti sifat antimikrobanya seperti perak, kadmium, titanium, tembaga memberikan hasil yang cukup efektif sebagai antibakteri. Selanjutnya, hasil penelitian Haleem et al. (2023) menunjukkan bahwa nanopartikel perak sangat efektif sebagai antibakteri dan juga diaplikasikan dalam bidang kesehatan untuk berbagai keperluan seperti pengantaran obat, rekayasa jaringan dan pengobatan sel, dan antibiotik (Haleem et al., 2023). Nanopartikel kadmium juga terbukti potensial sebagai antibakteri pada beberapa jenis bakteri Gram positif seperti *Bacillus cereus* dan *Staphylococcus aureus* dan Gram negative *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Shakibaie et al., 2021). Berdasarkan temuan itu maka kombinasi antara logam perak dan kadmium dalam bentuk bimetal nanopartikelnya berpotensi untuk meningkatkan sifat antibakteri menjadi lebih kuat dibandingkan dengan bentuk monometal nanopartikelnya masing-masing.

Nanopartikel logam diklasifikasikan menjadi nanopartikel monometal, bimetal nanopartikel, trimetal nanopartikel, dan polimetal nanopartikel berdasarkan jumlah logam penyusunnya (Tien et al., 2020; Roy et al., 2023). Bimetal nanopartikel adalah nanopartikel logam yang terbuat dari dua logam dan menunjukkan sifat baru yang berbeda dari masing-masing logam penyusunnya. Bimetal nanopartikel juga menunjukkan stabilitas, selektivitas, sifat optik, elektronik, dan aktivitas katalitik yang jauh lebih baik dibandingkan monometal penyusunnya (Dlamini et al., 2023; Mazhar et al., 2017). Selanjutnya, bimetal nanopartikel menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan monometalnya (Tien et al., 2020). Saat ini beberapa penelitian mengenai bimetal nanopartikel yang telah dilakukan antara lain: Ag–Fe (Padilla-Cruz et al., 2021), Ag–Mn (Tien et al., 2020), Ag–Ni (Akinsiku et al., 2021), dan Ag–Zn (Singh et al., 2022).

Nanopartikel umumnya disintesis melalui dua pendekatan yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Sintesis melalui pendekatan *top-down* merupakan sintesis nanopartikel secara fisika yang dilakukan dengan memecah material berukuran besar menjadi material berukuran nanometer sedangkan melalui pendekatan *bottom-up*, sintesis dilakukan secara kimia dengan membentuk nanopartikel dari sejumlah material awal berupa atom menjadi nanopartikel yang melibatkan reaksi kimia. Salah satu metode yang paling sering digunakan dalam sintesis nanopartikel

secara kimia yaitu metode reduksi. Metode ini melibatkan proses reduksi terhadap prekursor ion logamnya untuk membentuk atom logam menggunakan reduktor kimia seperti NaBH_4 , etilen glikol dan trisodium sitrat. Atom logam yang terbentuk selanjutnya mengalami nukleasi untuk bertumbuh menjadi nanopartikel (Wulandari dan Safaat, 2021). Meskipun sintesis nanopartikel menggunakan metode kimia sangat populer digunakan namun memiliki kelemahan yaitu bersifat toksik dan menghasilkan produk sampingan yang berbahaya terhadap lingkungan. Penggunaan metode fisika memiliki beberapa kelemahan, seperti memerlukan peralatan yang canggih dengan kondisi khusus, produksi yang rendah, konsumsi energi yang tinggi dan biaya yang tinggi pula (Kanchi dan Ahmed, 2018). Berbagai alasan diatas menyebabkan perlunya dikembangkan metode alternatif lain untuk menyintesis nanopartikel.

Metode "*green synthesis*" menjadi pilihan lain yang cukup prospektif untuk sintesis nanopartikel karena beberapa kelebihan yang dimiliki seperti ramah lingkungan, sederhana, stabil, cepat dan lebih murah (Padilla-Cruz et al., 2021). Metode sintesis ini prinsipnya sama dengan sintesis nanopartikel secara kimia, akan tetapi reduktornya menggunakan molekul organik yang berasal dari organisme seperti bakteri, jamur atau tumbuhan. Kandungan senyawa organik bahan alam yang dihasilkan oleh organisme tersebut diketahui memiliki kemampuan untuk mereduksi ion logam dan menstabilkan nanopartikel (Lomeli-Marroquin et al., 2019). Penggunaan mikroorganisme dalam sintesis nanopartikel masih bersifat elaboratif dan membutuhkan waktu yang lama sehingga sintesis nanopartikel dengan metode sintesis hijau pada umumnya menggunakan ekstrak tumbuhan (Thangadurai et al., 2020).

Salah satu tumbuhan yang berpotensi untuk digunakan dalam sintesis nanopartikel yaitu sidaguri (*Sida rhombifolia* L.). Sidaguri merupakan jenis tumbuhan dari keluarga Malvaceae yang banyak digunakan dalam pengobatan penyakit seperti asma, sakit kepala, infeksi parasit, inflamasi dan penyakit lainnya. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa tumbuhan ini memiliki kandungan beberapa senyawa aktif seperti alkaloid, fenolik, kumarin, tanin, saponin, antrakuinon, terpenoid, steroid, asam amino, minyak atsiri, dan flavonoid yang berfungsi sebagai antimikroba, antiinflamasi, analgesik, hepatoprotektif, antioksidan, antidiabetes, dan antipiretik (Laili et al., 2022; Rodrigues dan Oliveira, 2020). Hasil penelitian Debalke et al. (2018) menunjukkan aktivitas antibakteri sidaguri pada beragam bakteri seperti *S. typhi*, *S. aureus* dan *E. coli* dengan masing-masing zona hambat 7,1 mm, 6 mm, dan 5 mm. Sifat antibakteri ini disebabkan adanya senyawa alkaloid, terpenoid, dan flavonoid dalam tumbuhan tersebut.

Kandungan metabolit sekunder seperti fenol dan flavonoid yang terdapat dalam ekstraknya juga dapat berperan sebagai agen pereduksi dan penyetabil nanopartikel sehingga tumbuhan ini dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel (Octavianus et al., 2022). Penggunaan ekstrak daun tumbuhan sidaguri sebagai bioreduktor telah dilakukan oleh Kavya et al. (2020) dan hasilnya diperoleh nanopartikel ZnO dengan zona hambat sebesar 19,02 mm pada bakteri *B. subtilis*, 11,87 mm pada bakteri *S. typhi* dan 9,6 mm pada bakteri *E. coli*.

Hal ini menjadi salah satu bukti bahwa ekstrak sidaguri ini digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel logam dan menunjukkan potensi sebagai antibakteri karena adanya kombinasi sifat antibakteri dari ekstrak tumbuhan sidaguri dan logamnya dalam sintesis nanopartikel (Kumar et al., 2021).

Beberapa penelitian terkait sintesis nanopartikel perak dan kadmium menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor, diantaranya adalah penelitian dari Octavianus et al. (2022) menyintesis nanopartikel Ag dengan ekstrak *Premna serratifolia* dan diperoleh ukuran partikel 58,7 nm dan diuji aktivitasnya menggunakan bakteri *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Purnamasari et al. (2021) juga berhasil mensintesis nanopartikel perak dengan ekstrak air daun cemcem dan diperoleh ukuran partikel 30,56 nm dengan kemampuan menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 7 mm dan bakteri *Escherichia coli* sebesar 6,67 mm. Abdelmegeed (2020) juga berhasil mensintesis nanopartikel Cd menggunakan ekstrak air dari *Moringa oleifera* sebagai bioreduktor dan diperoleh nanopartikel dengan ukuran rata-rata 30-40 nm. Namun, sejauh ini belum ada penelitian terkait sintesis nanopartikel bimetal Ag–Cd menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai reduktornya, khususnya ekstrak tumbuhan sidaguri. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel Ag–Cd menggunakan ekstrak air batang sidaguri serta uji aktivitasnya sebagai antibakteri terhadap strain bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan Gram negatif (*Escherichia coli*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. apakah sintesis nanopartikel Ag–Cd dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor dapat dilakukan?
2. bagaimana data hasil karakterisasi nanopartikel Ag–Cd yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor?
3. bagaimana hasil uji aktivitas antibakteri nanopartikel Ag–Cd yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini ialah melakukan sintesis dan karakterisasi nanopartikel Ag–Cd dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor serta menguji aktivitasnya sebagai antibakteri.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. menyintesis nanopartikel Ag–Cd dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor

2. memperoleh data hasil karakterisasi nanopartikel Ag–Cd yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bioreduktor
3. memperoleh data hasil uji aktivitas antibakteri nanopartikel Ag–Cd yang disintesis dengan menggunakan ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi terbaru terhadap dunia pengetahuan dan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel Ag–Cd dengan bioreduktor ekstrak air batang sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) sebagai bahan antibakteri, khususnya bakteri yang mudah resisten seperti *E. coli* dan *S. aureus*.