

Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus Spina-Christi*) Dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Cut Dian Mala Luthfia, Dikki Miswanda, Haris Munandar Nasution ,
Minda Sari Lubis

Program studi farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah

Jl. Garu II A No.93, Harjosari I, Kec. Medan Amplas, Kota Medan, Sumatera Utara 20147

Korespondensi penulis: dikkimiswanda@umnaw.ac.id

Abstract. Nanotechnology is currently growing rapidly due to its broad application in science and technology. Nanotechnology itself is a science based on nanoparticles, so a more environmentally friendly method is being developed, namely the "green synthesis" method using plant extracts as a bioreductor. Silver nanoparticles have been synthesized using extracts of bidara leaf as a reducing agent. The objective of this research was to determine the synthesis of silver nanoparticles using bioreductors and their application as antibacterial agents using bidara leaf extract against *Staphylococcus aureus* bacteria. This research used the green synthesis method to produce silver nanoparticles. The bidara leaf extract used was divided into several concentrations, namely 1 mM, 2 mM, 3 mM and 4 mM. To characterize silver nanoparticles, UV-Vis and PSA spectrophotometers were used. Furthermore, the Kirby-Bauer method was used to test the antibacterial properties of silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus* bacteria. The results of research that has been done show that the formation of silver nanoparticles is characterized by the emergence of maximum absorbance peaks in the wavelength range of 400-450 nm, while the PSA results at concentrations of 3 and 4 μ m showed nanoparticle sizes of 185 nm. Silver nanoparticles of bidara leaf extract with various concentrations of 1 mM, 2 mM, 3 mM and 4 mM have antibacterial activity that can inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria with an average inhibition zone diameter of 13.0617 mm, 11.7333 mm, 9.05 mm and 13.19 mm. This shows that silver nanoparticles with bidara leaf extract have antibacterial properties.

Keywords: Silver Nanoparticles, *Ziziphus Spina-Christi*, Antibacterial

Abstrak. Nanoteknologi saat ini berkembang pesat karena aplikasinya yang luas dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Nanoteknologi sendiri merupakan ilmu yang berbasis pada nanopartikel, maka dikembangkan metode yang lebih ramah lingkungan yaitu metode "green synthesis" menggunakan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor. Nanopartikel Perak telah disintesis menggunakan ekstrak daun bidara sebagai reduktornya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor serta aplikasinya sebagai antibakteri dengan menggunakan ekstrak daun bidara terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Penelitian ini menggunakan metode green synthesis untuk menghasilkan nanopartikel perak. Ekstrak daun bidara yang digunakan dibagi menjadi beberapa konsentrasi, yaitu 1 mM, 2 mM, 3 mM dan 4 mM. Untuk mengkarakterisasi nanopartikel perak, digunakan alat spektrofotometer UV-Vis dan PSA. Selanjutnya, metode Kirby-Bauer digunakan untuk menguji antibakteri nanopartikel perak terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan bahwa terbentuknya nanopartikel perak ditandai dengan munculnya puncak absorbansi maksimum pada rentang panjang gelombang 400-450 nm, sedangkan hasil PSA pada konsentrasi 3 mM dan 4 mM menunjukkan ukuran nanopartikel 185 nm. Nanopartikel perak ekstrak daun bidara dengan variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM dan 4 mM memiliki aktivitas antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter zona hambat rata-rata 13,0617 mm, 11,7333 mm, 9,05 mm, dan 13,19 mm. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan ekstrak daun bidara memiliki sifat antibakteri.

Kata Kunci: Nanopartikel Perak, *Ziziphus Spina-Christi*, Antibakteri

PENDAHULUAN

Nanoteknologi saat ini berkembang pesat karena aplikasinya yang luas dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Nanoteknologi sendiri merupakan ilmu yang berbasis pada nanopartikel (Hasheminya & Dehghannya, 2020). Beberapa nanopartikel logam yang mulai

banyak dikembangkan yaitu emas, perak, platina dan tembaga (Wisnuwardhani, dkk., 2019). Para ilmuwan berbagai dunia mulai banyak mengembangkan nanopartikel karena memiliki karakteristik fisika, kimia, serta optik yang unik dan banyak diaplikasikan di berbagai bidang seperti kedokteran, pertanian, sebagai katalis dan juga salah satunya digunakan dalam bidang farmasi yaitu sebagai antibakteri (Din et al., 2017).

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode kimia dan fisika. Kedua metode tersebut memerlukan banyak bahan kimia (atrium borohidrida, polivinil alkohol) saat prosesnya sehingga dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan (Khani et al., 2018). Maka dikembangkan metode yang lebih ramah lingkungan yaitu metode “*green synthesis*” menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor. Metode ini dapat membentuk nanopartikel dengan morfologi dan stabilitas yang lebih baik serta dapat memberikan berbagai manfaat terapeutik (Sharma et al., 2019).

Salah satu nanopartikel yang dapat di sintesis dengan metode green synthesis adalah nanopartikel perak. Teknik bioreduksi dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme dalam preparasi sampel, tetapi metode ini memerlukan pemeliharaan kultur yang sulit dan waktu sintesis yang lama sehingga tumbuhan menjadi alternatif sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak (Taba et al., 2019).

Saat ini, nanopartikel senyawa logam mendapatkan perhatian yang sangat besar, pasalnya aplikasi dari penggunaan nanopartikel logam ini sangat luas dan mencakup pada berbagai bidang (Fabiani et al., 2019). Salah satu nanopartikel logam yang paling sering digunakan dan dimanfaatkan yaitu nanopartikel perak, karena memiliki sifat antimikroba yang baik dan dapat berfungsi untuk menghambat aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri pada AgNPs, umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, bentuk serta ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel, maka aktivitas antibakteri akan semakin besar. Oleh karena itu, ukuran partikel merupakan salah satu peranan penting dalam proses sintesis nanopartikel. Beberapa parameter yang dapat menentukan ukuran partikel diantaranya yaitu konsentrasi dari garam perak, jenis reduktor yang digunakan, temperatur serta waktu reaksi (Fabiani et al., 2019).

Senyawa metabolit sekunder sangat melimpah di berbagai tumbuhan salah satunya pada tumbuhan bidara (*Zizipus spina-christi*). Beberapa penelitian terdahulu, daun bidara diketahui mengandung beragam senyawa metabolit sekunder, sebagaimana dalam penelitian Usman et al., (2021) menunjukkan bahwa ekstrak daun bidara positif mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu senyawa alkaloid, senyawa flavanoid, senyawa tanin, dan senyawa saponin.

Prinsip kerja senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan dalam membentuk nanopartikel adalah senyawa metabolit yang dapat mereduksi Ag^+ menjadi nanopartikel perak. Hal ini, senyawa metabolit berperan sebagai reduktor. Berdasarkan penelitian Mauludiyah et., al (2020) bahwa hasil skrining fitokimia daun bidara menunjukkan bahwa daun bidara mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, polifenolat dan saponin. Adanya kandungan senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai bioreduktor ion perak.

Kasus resistensi dari beberapa bakteri patogen terhadap antibiotik saat ini cukup meningkat, maka dari itu dicari senyawa antibakteri baru yang mampu bekerja efektif sebagai agen antibakteri. Resistensi bakteri patogen pada antibiotik yang sudah ada jadi permasalahan besar untuk dunia kesehatan. Pencarian obat antibakteri ini sangatlah berarti guna menghindari perkembangan bakteri patogen yang bisa menimbulkan penyakit pada manusia. Maka dari itu pencarian sumber senyawa antibakteri juga telah banyak dilakukan pada beberapa jenis tumbuhan yang sekiranya memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang mampu bekerja sebagai senyawa antibakteri. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, daun bidara merupakan salah satu tumbuhan yang diuji keefektifitasannya sebagai agen antibakteri. Hal tersebut dikarenakan pada daun bidara terdapat beberapa senyawa metabolit sekunder yang mampu bekerja sebagai antibakteri.

Bidara atau tumbuhan yang memiliki nama ilmiah *Ziziphus spina-christi* merupakan tumbuhan yang berasal dari daerah Asia Barat. Pemilihan daun bidara (*Ziziphus spina-christi*) sebagai bahan antibakteri dikarenakan salah satu bahan alami yang memiliki aktivitas antibakteri dan memiliki banyak keutamaan serta manfaat dalam bidang kesehatan yaitu daun bidara atau sidr. Suatu penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun bidara (*Ziziphus spina-christi*) dapat menghambat lima macam bakteri patogen diantaranya *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans*, dan *Vibrio sp.* Aktivitas antibakteri tersebut dikarenakan daun bidara mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, fenol dan saponin (Asy'syifa dkk., 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian atau informasi mengenai nanopartikel perak dari daun bidara (*Ziziphus spina-christi*) juga masih sedikit yang meneliti tentang aktivitas antibakteri. Oleh karena itu penulis tertarik melakukan penelitian tentang sintesis nanopartikel perak. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi ilmiah tentang sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak daun bidara sebagai bioreduktor, karakteristik nanopartikel perak yang dihasilkan dan aplikasinya sebagai antibakteri. Diharapkan penulisan ini akan membantu memahami lebih banyak tentang masalah ini.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Ekstrak Daun Bidara

Serbuk daun bidara di timbang sebanyak 5g dimasukkan kedalam beaker glass 250 mL dan di tambahkan 100 mL aquabidest lalu dipanaskan hingga mendidih selama 15 menit, kemudian didinginkan. Setelah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42. Air rebusan tersebut dapat digunakan langsung untuk proses sintesis nanopartikel perak (Taba et al., 2019).

Larutan Perak Nitrat (AgNO₃)

Pembuatan larutan AgNO₃ berdasarkan Taba et al., (2019) dengan modifikasi variasi konsentrasi. Serbuk AgNO₃ ditimbang sebanyak 0,085g dilarutkan kedalam aquabidest sampai volume 250 mL dan kemudian dicampurkan sampai homogen untuk membuat larutan AgNO₃ 4 mM. Selanjutnya di pipet sebanyak 37,5 mL, 25 mL dan 12,5 mL dari larutan AgNO₃ 4 mM kedalam masing- masing labu ukur 50 mL dan ditambahkan aquabidest hingga tanda batas untuk membuat konsentrasi AgNO₃ 3 mM, 2 mM dan 1 mM.

Sintesis Nanopartikel Perak

Proses ini dilakukan dengan pencampuran larutan AgNO₃ variasi konsentrasi 4 mM, 3 mM, 2 mM dan 1 mM yang di pipet sebanyak 40 mL dan dimasukkan kedalam masing-masing erlenmeyer 250 mL, kemudian 1 mL ekstrak daun bidara ditambahkan kedalam masing-masing erlenmeyer tersebut. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetic stirrer selama 15 menit dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 50°C kemudian didinginkan dan dimasukkan ke dalam botol vial. Selanjutnya dapat digunakan langsung untuk proses karakterisasi nanopartikel perak (Taba et al., 2019).

Pengujian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Bidara Terhadap Bakteri

Staphylococcus aureus

Metode pengujian yang digunakan adalah metode Kirby-Bauer, yaitu metode difusi dengan kertas cakram. Dilakukan dengan cara: suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* diambil dengan menggunakan swab steril kemudian diusapkan pada media Mueller Hinton Agar (MHA) secara merata ke seluruh permukaan dan didiamkan selama 5 menit agar suspensi terserap pada media. Kemudian diletakkan kertas cakram yang telah berisi 10 µL dari masing-masing konsentrasi larutan nanopartikel yang mengandung ekstrak daun bidara ditengah permukaan media menggunakan pinset.

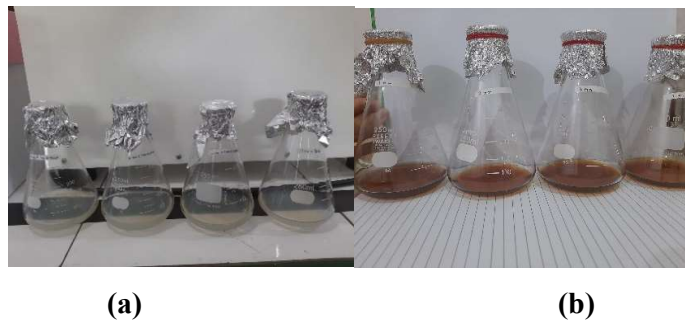
Semua cawan diinkubasi kedalam inkubator secara terbalik pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian diamati dan diukur diameter zona hambat yang terbentuk dari masing-masing cakram dengan menggunakan jangka sorong. Dibuat kontrol positif menggunakan

kloramfenikol dan aquabidest sebagai kontrol negatif. Pengujian masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali (Mardhiyani et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak menggunakan reduktor dari ekstrak daun bidara dengan mencampurkan larutan AgNO_3 yang dipanaskan dalam suhu 50°C dengan pengadukan magnetic stirrer dan didinginkan sampai suhu ruangan. Tujuan dilakukannya pemanasan dan pengadukan agar mempercepat reaksi pembentukan nanopartikel perak dalam larutan tersebut (Sumiati et al., 2018).



Gambar 1 Hasil sintesis nanopartikel perak dari variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM dan 4 mM, **(a)** sebelum di magnetik stirrer, **(b)** sesudah di magnetik stirrer

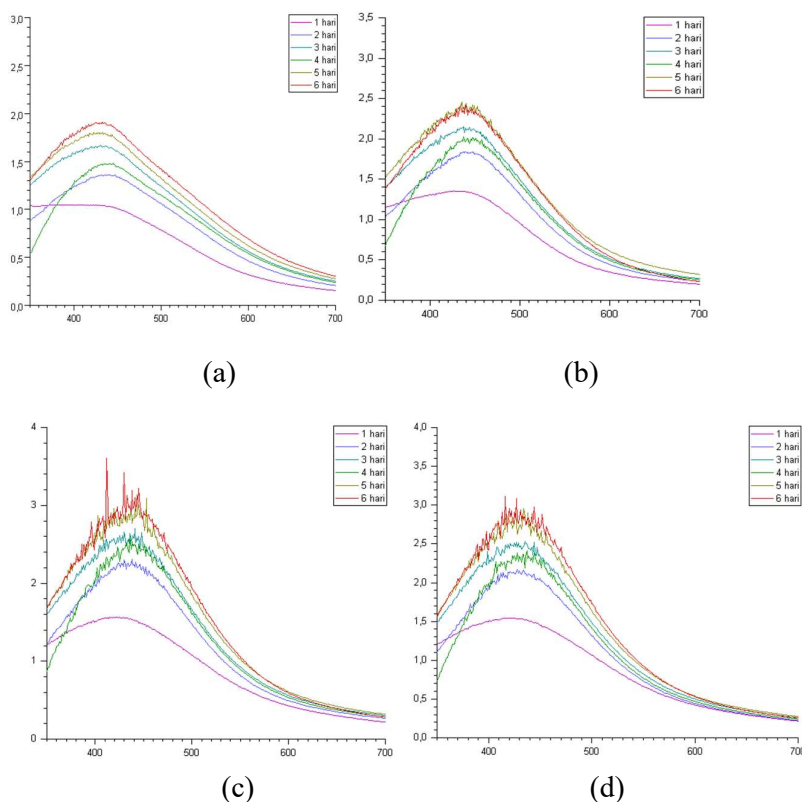
Berdasarkan **Gambar 1** menunjukkan bahwa larutan yang di peroleh dengan variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM dan 4 mM sebagai indikator terbentuknya nanopartikel perak secara visual ditandai dengan perubahan warna larutan dari bening menjadi kecoklatan. Perubahan warna larutan dipengaruhi oleh proses reduksi ion perak pada senyawa organik pada tumbuhan. Warna yang menunjukkan nanopartikel telah terbentuk adalah kuning pucat hingga kecoklatan (Faidah, 2019). Penelitian Purnamasari (2016) telah membuktikan dengan menggunakan ekstrak daun sirih terjadi perubahan warna larutan dari kuning menjadi kecoklatan yang mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak.

Karakterisasi Nanopartikel Perak

Analisis Spektrofotometer UV-Vis

Dilakukannya analisis Spektrofotometri UV-Vis untuk mengkonfirmasi pembentukannya nanopartikel perak dari hasil larutan sintesis nanopartikel tersebut. Untuk pengukuran absorbansi dan panjang gelombang menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200-700 nm (Sumiati et al., 2018). Proses sintesis nanopartikel perak dilakukan selama 6 hari dan diukur setiap hari secara berturut-turut dari hari

pertama sampai hari keenam. Penelitian (Sumiati et al., 2018) menjelaskan bahwa nanopartikel perak dapat terbentuk ketika memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang 400 nm-450 nm.



Gambar 2 Hasil spektrum serapan UV-Vis dari nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi AgNO₃ (a)1 mM, (b)2 mM, (c)3 mM dan (d)4 mM.

Berdasarkan **Gambar 2** menunjukkan adanya terbentuk nanopartikel perak pada rentang panjang gelombang maksimum 400 nm – 450 nm yang meningkat dengan seiring waktu. Sharma et al. (2019) melaporkan bahwa hasil dari spektrofotometer pada panjang gelombang 400-450 nm nanopartikel perak yang terbentuk adalah ag₀, sehingga nanopartikel perak yang terbentuk hasilnya stabil.

Tabel 1 Hasil panjang gelombang maksimum pada hari ke-6

Konsentrasi AgNO ₃ (mM)	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
1	433	1.907
2	447	2.370
3	444	3.220
4	442	2.888

Menurut Sumiati et al. (2018), jumlah nanopartikel terbentuk dapat diprediksi dengan menggunakan nilai absorbansi yang diperoleh dari analisis spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi pada konsentrasi 1 mM meningkat secara signifikan dari hari pertama hingga hari keenam penelitian, begitu juga pada konsentrasi 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Panjang gelombang maksimum yang dihasilkan berada pada kisaran 400 nm – 450 nm, yang menunjukkan bahwa nanopartikel perak terbentuk diukur seiring waktu.

Penentuan Ukuran Nanopartikel Perak dengan *Particle Size Analyzer*

Hasil sintesis nanopartikel perak di ukur dengan menggunakan alat *Particle size analyzer* (PSA). Analisis ukuran partikel (PSA) digunakan untuk menggambarkan distribusi ukuran partikel yang didapatkan dalam sampel. Karakterisasi ini mendukung hasil yang diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penentuan distribusi ukuran nanopartikel perak menggunakan PSA ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 2 Hasil larutan nanopartikel perak yang diukur dengan *Particle size analyzer*

No	Konsentrasi	Ukuran Partikel
1	1 mM	3,49354 μm
2	2 mM	2,33936 μm
3	3 mM	185,44 nm
4	4 mM	185,31 nm

Berdasarkan hasil karakterisasi dengan menggunakan PSA menunjukkan bahwa ukuran nanopartikel perak yang dibuat tidak merata, sehingga hanya sebagian hasil distribusi yang berukuran nano. Konsentrasi 3 mM dan 4 mM yang memenuhi syarat ukuran nanopartikel yaitu sebesar 185 nm, karena berada pada kisaran 10-1000 nm (Mutia Windy et al., 2022). Ukuran dalam skala nano yang dihasilkan membuktikan bahwa ekstrak daun bidara memiliki potensi sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel. Namun, pada konsentrasi 1 mM dan 2 mM dengan diameter melebihi 1000 nm dapat dikatakan lebih besar daripada nanometer karena aglomerasi sampel yang tidak stabil sehingga menyebabkan ukuran partikel lebih besar (Fabiani et al., 2019).

Uji Antibakteri Nanopartikel Perak terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

Penelitian ini dilakukan uji zona hambat untuk mengukur daya hambat nanopartikel perak ekstrak daun bidara terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Uji ini menggunakan metode difusi cakram. Caranya dengan meletakkan kertas cakram berukuran 6 mm yang berisi 10 μL formulasi uji di atas media agar yang telah diinokulasi bakteri uji dengan *cotton swab*. Konsentrasi ekstrak yang digunakan adalah 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Zona hambat yang diperoleh kemudian diukur dengan jangka sorong.

Tabel 3 Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat sintesis nanopartikel perak ekstrak daun bidara terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

Bakteri Uji	Ulangan	Diameter Zona Bening (mm)					
		Kontrol (-)	Kontrol (+)	F1 (1 mM)	F2 (2 mM)	F3 (3 mM)	F4 (4 mM)
<i>Staphylococcus aureus</i>	U1	0	25,19	13,165	11,705	8,96	12,74
	U2	0	25,105	13,41	11,255	9,255	13,185
	U3	0	25,665	12,61	12,24	8,935	13,645
Rata-rata		0	25,32	13,0617	11,7333	9,05	13,19
Indeks Antimikrobia		0	3,22	1,17694	0,95556	0,50833	1,19833

Potensi antibakterial yang terdapat pada bahan ekstrak dan kloramfenikol mengindikasikan bahwa pertumbuhan bakteri dapat dicegah. Pada media agar uji ekspansi koloni bakteri akan dihalangi oleh senyawa yang terdapat pada bahan uji atau perlakuan. Setelah diinkubasi, zona hambat akan teridentifikasi dari adanya area transparan. Area ini menunjukkan bahwa tidak adanya koloni bakteri (Suriaman, 2017).

Nanopartikel perak menghentikan pertumbuhan bakteri melalui mekanisme tertentu. Menurut (Feng et. al, 2000 dalam Purnaningrum dan Eli, 2017) mekanisme antibakteri dari nanopartikel perak dimulai dengan pelepasan ion perak (Ag^+). Ion ini berinteraksi dengan gugus tiol sulfidril (-SH) pada permukaan protein, menghasilkan gugus S-Ag yang lebih stabil pada permukaan sel bakteri. Ini akan menonaktifkan protein dan mengurangi permeabilitas membran. Setelah itu, senyawa perak akan masuk ke dalam sel dan mengubah struktur DNA, menyebabkan kematian sel.

Berdasarkan **Tabel 3**, menunjukkan ukuran luas zona hambat berdasarkan uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Kategori zona hambat dapat diketahui diameter zona hambat beraktivitas lemah adalah ≤ 5 mm, diameter zona hambat beraktivitas sedang adalah 6-10 mm, diameter zona hambat sangat kuat adalah ≥ 20 mm. Hasil pengujian aktivitas antibakteri sintesis nanopartikel perak ekstrak daun bidara menunjukkan bahwa konsentrasi 1 mM, 2 mM dan 4 mM menghasilkan diameter zona hambat paling kuat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yaitu diperoleh dengan rata-rata 13,0617 mm, 11,7333 mm dan 13,19 mm, sedangkan pada konsentrasi 3 mM menunjukkan zona hambat sedang yaitu diperoleh rata-rata 9,05 mm terhadap *Staphylococcus aureus*.

Pada konsentrasi yang berbeda, nanopartikel perak berinteraksi secara berbeda dengan bakteri sehingga menghasilkan efek antibakteri yang berbeda, hal ini mengakibatkan perubahan diameter zona hambat pada setiap konsentrasi (Marfu'ah & Ramadhani, 2019). Kecenderungan nanopartikel untuk beragregasi disebabkan oleh gerak Brown dan gaya Van

der Waals dalam larutan nanopartikel. Kecenderungan nanopartikel untuk beragregasi menghasilkan ukuran dan diameter nanopartikel yang tidak seragam (Adam, dkk. 2022).

Luas ukuran zona bening yang terbentuk menunjukkan kekuatan daya hambat, semakin besar zona bening yang dihasilkan maka daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri juga semakin kuat (Masykuroh & Heny, 2022). Hal ini disimpulkan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki sifat antibakteri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Ekstrak daun bidara (*Ziziphus spina-christi*) memiliki metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, polifenol yang berfungsi sebagai bioreduktor nanopartikel perak dengan pereduksi AgNO₃. Hasil dari AgNO₃ yang ditambahkan ekstrak daun bidara berwarna kecoklatan.
2. Nanopartikel perak ekstrak daun bidara dengan variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM memiliki aktivitas antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan diameter zona hambat rata-rata 13,0617 mm, 11,7333 mm, 9,05 mm, dan 13,19 mm. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan ekstrak daun bidara memiliki sifat antibakteri.

Saran

Diharapkan untuk peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian nanopartikel perak dengan berbagai alternatif pereduksi lain sehingga didapatkan ukuran nanopartikel perak yang baik dan mampu memberikan aktivitas antibakteri yang optimal.

DAFTAR REFERENSI

- Adam, dkk. (2022). Pengaruh Penambahan Poli. Pengaruh Penambahan Poli Vinil Alkohol Terhadap Ukuran Dan Kestabilan Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Akasia (*Accasia Mangium Wild*), 23(1), 50–58.
- Asy'syifa, Nurlaeli Siti, Fitrianti Darusman, & M. L. D. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Bidara Arab (*Ziziphus Spina- ChristiL.*) Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Prosiding Farmasi*, 6(2).
- Din, M. I., & Rehan, R. (2017). Synthesis, Characterization, and Applications of Copper Nanoparticles. *Analytical Letters*, 50(1), 50–62.
- Fabiani, V. A., Silvia, D., Liyana, D., & Akbar, H. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratoxlum glaucum*) melalui Iradiasi Microwave serta Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri. *Fullerene Journ. Of Chem*, 4(2), 96–101.

- Faidah, N, I. 2019. Biosintesis Nanopartikel Perak (Agnp) Ekstrak Buah Tin (*Ficus Carica L.*) Terhadap Aktivitas Antioksidan Dan Toksisitas Larva *Artemia salina*. *Energies*, 6(Usu): 1–8.
- Hasheminya, S. M., & Dehghannya, J. (2020). Green synthesis and characterization of copper nanoparticles using *Eryngium caucasicum* Trautv aqueous extracts and its antioxidant and antimicrobial properties. *In Particulate Science and Technology* (Vol. 38, Issue 8).
- Khani, R., Roostaei, B., Bagherzade, G., & M., & M. (2018). *Green synthesis of copper nanoparticles by fruit extract of Ziziphus spina-christi (L.) Willd.: Application for adsorption of triphenylmethane dye and antibacterial assay. Journal of Molecular Liquids*, 255, 541–549.
- Mardhiyani, D., Afriani, M., Farmasi, F., Kesehatan, I., & Abdurrah, U. (2021). Antibacterial Activity Test Of Leaves Bidara (*Ziziphus Mauritiana* Lam) Ethanolic Extracts Against *Staphylococcus Aureus* Uji Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Bidara (*Ziziphus Mauritiana* Lam) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Proteksi Kesehatan*, 10(1), 44–48.
- Marfu'ah, N., & Ramadhani, C. A. (2019). Uji Efektivitas Ekstrak Etanol Daun Bidara (*Ziziphus spina-christi L.*) Terhadap Pertumbuhan *Propionibacterium acne* (Vol. 3, Issue 1).
- Masykuroh, A., & Heny, P. (2022). BIOMA: Jurnal Biologi Makassar (Online) Aktivitas Anti Bakteri Nano Partikel Perak (NPP) Hasil Biosintesis Menggunakan Ekstrak Keladi Sarawak *Alocasia macrorrhizos* terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Antibacterial Activity Of Silver Nano Particles Biosynthesized Using *Alocasia macrorrhizos* Extract Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. 7(1), 76–85.
- Mauludiyah, E. N., Darusman, F., & Darma, G. C. E. (2020). Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder dari Simplisia dan Ekstrak Air Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi L.*). *Prosiding Farmasi*, 1084–1089.
- Mutia Windy, Y., Natasya Dilla, K., Claudia, J., & Rakhman Hakim, A. (2022). Characterization And Formulation Of Nanoparticles Extract Of Bundung Plant (*Actinoscirpus Grossus*) With Variations In Concentration Of Chitosan And Na-TPP Bases Using The Ionic Gelation Method. *Karakterisasi Dan Formulasi Nanopartikel Ekstrak Tanaman Bundung*, 3, 25–29.
- Purnamasari, M. D., Dan, H., & Wijayati, N. (2016). *Indonesian Journal of Chemical Science*. *J. Chem. Sci*, 5(2).
- Purnaningrum, R. & Eli, R. (2017). Aktivitas Antibakteri Kain Nylon 6,6 Dengan Penambahan Nanopartikel Perak Terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25924. *Jurnal Kimia Dasar*, 6(4).
- Sharma, P., Pant, S., Dave, V., Tak, K., Sadhu, V., & Reddy, K. R. (2019). Green synthesis and characterization of copper nanoparticles by *Tinospora cardifolia* to produce naturefriendly copper nano-coated fabric and their antimicrobial evaluation. *Journal of Microbiological Methods*, 160, 107–116.
- Sumiati, T., Ratnasari, D., Dwi Mutiani, D., Studi Farmasi Sekolah Tinggi Teknologi Industri dan Farmasi Bogor, P., Program Studi, M. S., & Sekolah Tinggi Teknologi Industri dan Farmasi Bogor, F. (2018). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak

Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* (Vol. 3, Issue 1).

- Suriaman, E. (2017). Skrining Aktivitas Antibakteri Daun Kelor (*Moringa oleifera*), Daun Bidara Laut (*Strychnos ligustrina* Blume) dan Amoxicilin Terhadap Bakteri Patogen *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Biota* 3(1).
- Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Syzygium polyanthum* Extract as Bioreductor and the Application as Antioxidant. *J. Chem. Res*, 7(1), 51–60.
- Usman, S., Firawati, F., & Zulkifli, Z. (2021). Efektivitas Ekstrak Daun Bidara (*Zizipus Mauritiana* L.) pada Kulit Akibat luka Bakar dalam Berbagai Varian Konsentrasi Ekstrak Terhadap Hewan Uji Kelinci (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(3), 430–436.
- Wisnuwardhani, D. (2019). Optimasi Kondisi Sintesis Nanopartikel Tembaga Menggunakan Ekstrak Biji Melinjo (*Gnetum gnemon* L.). *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 4(2), 452–459.