

Biosintesis Nanopartikel Perak Dengan Bantuan Bioreduktor Alami Patikan Kebo (*Euphorbia hirta* L.) Dan Uji Efektivitasnya Sebagai Antibakteri

Nadlifatun Nisa^{1*)}, Iftinan Mega Irfani², Risma Ayu Fepbianti³, Silvia Zety Fauziyati⁴, Djati Wulan Kusumo⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Lamongan

^{*)} E-mail: nadlifatunnisa@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel :

Diterima

08-Mei-2026

Disetujui

08-Juni-2026

Dipublikasikan

31-Juli-2026

Abstrak

Latar belakang: Nanopartikel merupakan material berukuran 1-100 nm yang berkembang pesat dalam bidang kesehatan karena sifat fisikokimia dan aktivitas biologinya. Nanopartikel perak (NPAg) memiliki aktivitas antibakteri tinggi, namun metode sintesis konvensional cenderung mahal dan kurang ramah lingkungan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mensintesis NPAg menggunakan ekstrak herba patikan kebo serta mengevaluasi karakteristik dan aktivitas antibakterinya. **Metode:** Penelitian eksperimental dilakukan melalui sintesis NPAg pada konsentrasi 0,5 mM, 0,75 mM, dan 1 mM. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram terhadap *Staphylococcus aureus* dengan tiga replikasi. **Hasil:** Terbentuk NPAg dengan puncak serapan 443-446 nm. Ukuran partikel berturut-turut 29,93 nm; 34,00 nm; dan 49,02 nm dengan PDI <0,7 (homogen). Zona hambat rata-rata masing-masing 8,13 mm; 9,16 mm; dan 9,60 mm yang tergolong dalam kategori sedang. **Simpulan dan saran:** Ekstrak patikan kebo efektif sebagai agen reduktor dalam sintesis NPAg berpotensi sebagai antibakteri. Diperlukan optimasi sintesis dan uji lanjutan untuk meningkatkan efektivitas serta memastikan keamanan penggunaannya.

Kata Kunci:

Nanopartikel perak,
Sintesis hijau,
Euphorbia hirta L.,
Aktivitas antibakteri,
Staphylococcus aureus

Keywords:

Silver nanoparticles,
Green synthesis,
Euphorbia hirta L.,
Antibacterial activity,
Staphylococcus aureus.

Abstract

Background: Nanoparticles are materials sized 1-100 nm that are rapidly developing in the field of health due to their physicochemical properties and biological activity. Silver nanoparticles (AgNPs) have high antibacterial activity, but conventional synthesis methods tend to be expensive and less environmentally friendly. **Objectives** This research aims to synthesize NPAg using cow's dung herb extract and evaluate its characteristics and antibacterial activity. **Methods:** Experimental research was conducted thru the synthesis of NPAg at concentrations of 0.5 mM, 0.75 mM, and 1 mM. Characterization was performed using a UV-Vis spectrophotometer and a Particle Size Analyzer (PSA). Antibacterial testing was conducted using the disk diffusion method against *Staphylococcus aureus* with three replications. **Result:** NPAg was formed with an absorption peak at 443–446 nm. The particle sizes were 29.93 nm, 34.00 nm, and 49.02 nm, respectively, with PDI <0.7 (homogeneous). The average inhibition zones were 8.13 mm, 9.16 mm, and 9.60 mm, which fall into the moderate category. **Conclusions and suggestions:** *Euphorbia hirta* extract is effective as a reducing agent in the synthesis of NPAg, which has potential as an antibacterial. Optimization of synthesis and further testing are needed to enhance effectiveness and ensure its safety for use.

PENDAHULUAN

Nanopartikel adalah komponen utama dalam nanoteknologi yang memiliki ukuran sangat kecil, yaitu sekitar 1 - 100 nm (Sephia et al., 2023). Saat ini, nanoteknologi merupakan bidang ilmu dan teknologi yang berkembang pesat pada skala nano. Teknologi ini telah dimanfaatkan di berbagai sektor dan digunakan dalam produk sehari-hari karena dinilai memberi banyak manfaat bagi kehidupan, lingkungan, dan perekonomian (Alfei & Zuccari, 2025). Perkembangan pesat nanoteknologi terlihat pada bidang *nanomedicine*, nanoemulsi, dan nanopartikel. Penelitian mengenai nano mendapat perhatian besar dari para peneliti dunia karena aplikasinya sangat luas, mulai dari biomedis, elektronik, hingga optik (Samudra et al., 2022).

Dalam bidang nanoteknologi yang terus berkembang, para peneliti dan insinyur mengembangkan, mensintesis, serta memanipulasi material pada skala nano untuk berbagai aplikasi. Nanopartikel (NP) dengan ukuran 1 - 100 nm memiliki peran penting di berbagai bidang, seperti kedokteran, ilmu pangan, pertanian, lingkungan, adsorpsi, dan energi. *Metalic Nanoparticles* (MNP) banyak menarik perhatian karena sifat fisikokimia yang khas, ukuran yang kecil, serta kinerjanya yang stabil. Karakteristik tersebut menjadikan MNP berpotensi digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengiriman obat terarah, terapi kanker, perangkat optik, pengolahan air, aplikasi antimikroba, dan terutama sebagai katalis (Fahim et al., 2024). MNP dikenal sebagai katalis yang efektif dalam berbagai proses katalitik karena kemampuannya yang spesifik dan terus dikembangkan seiring kemajuan penelitian. Di antara berbagai jenis nanopartikel logam, seperti Pd, Cu, Au, Zn, Sn, Ag, dan Co, nanopartikel perak (NPAg) paling banyak digunakan dan memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang. Secara khusus, NPAg memiliki sifat fisik, kimia, dan biologis yang unggul sehingga menjadi fokus utama banyak penelitian dan menarik perhatian luas dalam berbagai bidang (Abbas et al., 2024).

Seiring dengan meningkatnya pemanfaatan nanopartikel logam, khususnya nanopartikel perak (NPAg), metode pembuatannya juga menjadi perhatian penting. Metode sintesis konvensional, seperti metode fisiologis, termal, hidrotermal, dan biokimia, umumnya memerlukan biaya tinggi serta melibatkan bahan berbahaya sehingga kurang aman. Oleh karena itu, penelitian saat ini lebih difokuskan pada pengembangan metode sintesis ramah lingkungan yang memanfaatkan bahan biologis untuk menghasilkan nanopartikel secara efisien. Pendekatan sintesis hijau ini menggunakan senyawa yang aman, ekonomis, dan dapat didaur ulang sebagai agen pereduksi dan penstabil, sehingga menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan (Qubtia et al., 2024). NPAg yang disintesis secara hijau menggunakan mikroorganisme atau ekstrak tumbuhan telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, antara lain sebagai agen antimikroba, antibiofilm, antijamur, antikanker, antiinflamasi, antioksidan, hingga antivirus. Ekstrak tumbuhan berperan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil karena mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, asam organik, tanin, terpenoid, flavonoid, vitamin, dan polisakarida. Senyawa-senyawa ini mampu mereduksi ion perak menjadi perak elementer (Ag^0),

sementara sifat NPAg yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik permukaannya, seperti bentuk, ukuran, dan tingkat polidispersitas (Moussa et al., 2024).

Perak merupakan logam yang memiliki aktivitas antibakteri tinggi dengan tingkat toksisitas yang relatif rendah terhadap sel hewan dibandingkan logam lain yang juga bersifat antibakteri. Perak umumnya digunakan dalam bentuk perak nitrat untuk menghasilkan efek antibakteri. Namun, ketika perak dibuat dalam bentuk nanopartikel, luas permukaan kontak dengan bakteri akan semakin meningkat sehingga aktivitas antibakterinya menjadi lebih efektif (Putro et al., 2022). NPAg memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi melalui berbagai mekanisme yang dapat bekerja secara bersamaan. Mekanisme utama meliputi interaksi dengan dinding sel bakteri yang menyebabkan kerusakan membran, induksi pembentukan ROS berlebih yang memicu stres oksidatif, serta pelepasan ion Ag^+ yang mengganggu fungsi intraseluler. Selain itu, NPAg juga dapat berinteraksi dengan DNA dan ribosom sehingga menghambat replikasi dan sintesis protein bakteri (Karataş et al., 2026).

Dalam metode sintesis hijau, pemilihan bahan biologis sangat menentukan karakteristik dan aktivitas NPAg yang dihasilkan. Salah satu sumber hayati yang berpotensi sebagai agen antibakteri adalah tanaman *Euphorbia hirta*, yang diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif. Tanaman *Euphorbia hirta* termasuk dalam famili *Euphorbiaceae* dan dikenal luas sebagai tanaman obat, khususnya untuk mengatasi asma. Tanaman ini memiliki daun berwarna hijau hingga kemerahan dengan panjang sekitar 5 cm, tersusun berlawanan, serta bunga kecil berbentuk lanset. Batang dan daun *Euphorbia hirta* menghasilkan getah berwarna putih seperti susu ketika dipotong (Edith & Uzor, 2021). Tanaman *Euphorbia hirta* telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai penyakit, seperti gangguan kulit, gonore, kutil, infeksi parasit usus, konjungtivitis, asma, dan masalah pernapasan (Tripathi et al., 2021).

Selain itu, *Euphorbia hirta* diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologis, antara lain sebagai analgesik, antimikroba, antioksidan, antihelmintik, antikanker, antialergi, dan antidiuretik. Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa *Euphorbia hirta* memiliki aktivitas penghambatan terhadap beberapa enzim, seperti tirosinase, α -glukosidase, asetilkolinesterase, α -amilase, dan butirilkolinesterase (Marukurti et al., 2025). Studi ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak (NPAg) melalui metode green synthesis dengan memanfaatkan ekstrak herba *Euphorbia hirta* L. Nanopartikel perak yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui sifat optik serta ukuran partikelnya. Selanjutnya, aktivitas antibakteri dari NPAg hasil sintesis dievaluasi terhadap bakteri uji untuk menilai potensi daya hambatnya.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain Nano Laser *Particle Sizer* (Winner

802), *Magnetic stirrer* (IKA, C-MAG HS 7), Otoklaf HV & HVE 50 L Hirayama, Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV 1900i), Timbangan digital (Ohaus), Oven (Mettler), pH meter, Seperangkat alat gelas, Cawan petri, Mikropipet (Dragonlab), Kuvet, Hotplate, *Magnetic stirrer*, Paper disk antibiotik, Simplisia daun patikan kebo (*Euphorbia hirta* L.) (PT. Palapa Muda Perkasa, Depok), Etanol 96% (technical grade, CAS No. 64-17-5), Aquadest (Water One, Indonesia), Bunsen, Kertas saring, Natrium Hidroksida (NaOH), Serbuk perak nitrat (AgNO_3) (Merck, CIMS), Mueller Hinton Agar (MHA), *Cotton bud* steril, Bakteri *Staphylococcus aureus* (ATCC®33591D-5™).

Pembuatan Bioreduktor Alami Patikan Kebo (*Euphorbia hirta* L.)

Sebanyak 1 g simplisia patikan kebo (*Euphorbia hirta* L.) dimaserasi dalam aquadest hingga volume 100 mL pada suhu kamar dengan pengadukan berkala. Setelah maserasi, campuran disaring untuk memperoleh filtrat berupa ekstrak air patikan kebo. Ekstrak tersebut digunakan sebagai bioreduktor alami dalam biosintesis nanopartikel perak (NPAg) dan disimpan dalam vial kaca gelap untuk mencegah degradasi senyawa bioaktif (Yulinar & Suharti, 2022).

Pembuatan Larutan AgNO_3

Larutan AgNO_3 dibuat dari perak nitrat (Merck) dengan melarutkan 0,085 g AgNO_3 dalam aquadest hingga volume 100 mL untuk memperoleh larutan stok 5 mM. Larutan stok kemudian diencerkan menjadi 1 mM menggunakan prinsip pengenceran ($C_1.V_1 = C_2.V_2$) dengan memipet 20 mL larutan 5 mM ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas. Larutan AgNO_3 disimpan dalam wadah tertutup dan terlindung dari cahaya untuk mencegah degradasi (Osama et al., 2025).

Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg)

Sintesis nanopartikel perak (NPAg) dilakukan dengan mencampurkan larutan AgNO_3 1 mM dan ekstrak patikan kebo dalam perbandingan 1:1 (masing-masing 20 mL). Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer pada 250 rpm selama 60 menit, kemudian pH disesuaikan hingga pH 8 menggunakan larutan NaOH dan diaduk kembali selama 30 menit. Selanjutnya, campuran dipanaskan pada suhu 60°C selama 120 menit hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning kecoklatan sebagai indikasi terbentuknya NPAg, kemudian diinkubasi pada 37°C selama 24 jam untuk memastikan pembentukan nanopartikel optimal (Osama et al., 2025).

Karakterisasi Nanopartikel Perak (NPAg)

Karakterisasi nanopartikel perak (NPAg) dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan panjang gelombang maksimum sebagai indikator terbentuknya nanopartikel. Sampel berupa campuran ekstrak patikan kebo dan larutan AgNO_3 1 mM dengan perbandingan 1:1 dianalisis pada rentang panjang gelombang 400-500 nm untuk mengamati puncak serapan khas nanopartikel perak. Puncak serapan yang muncul pada rentang tersebut menunjukkan terjadinya fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang merupakan karakteristik utama pembentukan NPAg. Data absorbansi

disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi keberhasilan pembentukan nanopartikel perak (Qurrataayun et al., 2022).

Analisis Ukuran Partikel dan Indeks Polidispersitas

Analisis ukuran partikel dan *polydispersity index* (PDI) dilakukan untuk menentukan ukuran rata-rata nanopartikel perak serta tingkat keseragaman distribusi ukurannya. Pengujian dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) berbasis *Dynamic Light Scattering* (DLS), yang bekerja dengan mengukur hamburan cahaya akibat gerak acak partikel dalam medium cair. Pengukuran dilakukan pada suhu 25°C dengan indeks bias medium sebesar 1,333, sesuai dengan sifat optik air sebagai medium dispersi. Data hasil pengujian PSA dianalisis untuk memperoleh nilai ukuran rata-rata dan distribusi ukuran nanopartikel perak, sedangkan nilai PDI digunakan sebagai parameter homogenitas sistem, dengan kriteria $PDI \leq 0,7$ menunjukkan distribusi ukuran partikel yang relatif homogen. Hasil pengukuran disajikan dalam bentuk grafik dan tabel, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi $AgNO_3$ terhadap ukuran dan homogenitas nanopartikel perak (Rodriguez-Loya et al., 2024).

Pengujian Antibakteri Nanopartikel Perak (NPAg)

Bakteri uji yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* yang disuspensikan dalam larutan NaCl 0,9% hingga mencapai kekeruhan setara standar 0,5 McFarland. Media Mueller Hinton Agar (MHA) sebanyak 20 mL dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan memadat. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram. Sampel uji digunakan dalam tiga konsentrasi, yaitu 0,5 mM, 0,75 mM, dan 1 mM, dengan masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga replikasi. Setiap konsentrasi diambil sebanyak 20 μ L dan ditetaskan pada kertas cakram steril. Kontrol positif menggunakan paper disk antibiotik tetrasiklin, sedangkan kontrol negatif menggunakan DMSO. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi, diameter zona hambat bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram diukur menggunakan penggaris milimeter dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) sebagai nilai *Zone of Inhibition* (ZOI). Nilai ZOI dari setiap replikasi kemudian dirata-ratakan untuk masing-masing konsentrasi. Selanjutnya, hasil ZOI diklasifikasikan berdasarkan kekuatan daya antibakteri, yaitu diameter ≥ 21 mm (sangat kuat), 11–20 mm (kuat), 6–10 mm (sedang), dan ≤ 5 mm (lemah) (Bryan et al., 2024).

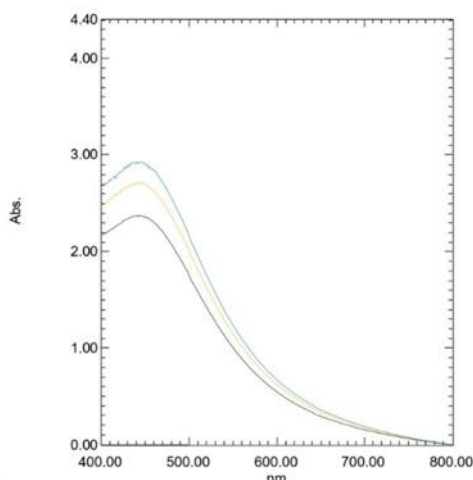
Analisis Data

Data panjang gelombang maksimum dan *Index Polidispersitas* (IP) dianalisis secara deskriptif, sedangkan data uji aktivitas antibakteri dianalisis secara kuantitatif. Analisis data kuantitatif luas area zona hambat disajikan dalam bentuk rata-rata $\pm$ serta diuji normalitasnya melalui uji Shapiro-Wilk dan homogenitasnya dengan uji Levene. Analisis statistik selanjutnya dilakukan menggunakan metode

ANOVA dan T-test untuk data parametrik, atau uji Kruskal-Wallis dan Mann-Whitney untuk data non-parametrik dengan tingkat kepercayaan 95% (Kusumo et al., 2023).

HASIL PENELITIAN

Spektrum serapan yang ditunjukkan pada Gambar 1 menunjukkan adanya puncak karakteristik *Surface Plasmon Resonance* (SPR) nanopartikel perak pada rentang 443 - 446 nm. Intensitas puncak serapan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi, yang menunjukkan bahwa pembentukan nanopartikel berhasil dan sifat optik dipengaruhi oleh konsentrasi.



Gambar 1. Spektrum serapan UV-Vis nanopartikel perak (NPAg)

Hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa nanopartikel perak (NPAg) memiliki serapan maksimum pada rentang panjang gelombang 443 - 446 nm. Seperti terlihat pada Table 1 peningkatan konsentrasi NPAg menyebabkan peningkatan nilai absorbansi. Konsentrasi 0,5 mM menunjukkan panjang gelombang maksimum 443 nm dengan nilai absorbansi terendah, diikuti konsentrasi 0,75 mM yang juga memiliki panjang gelombang maksimum 443 nm dengan nilai absorbansi yang lebih tinggi. Konsentrasi 1 mM menunjukkan nilai absorbansi tertinggi sebesar 2,927 pada panjang gelombang maksimum 446 nm.

Tabel 1. Karakterisasi Nano Partikel Perak (NPAg)

Konsentrasi NPAg	Panjang Gelombang Maksium (nm)	Absorbansi
0,50 mM	443	2,371
0,75 mM	443	2,716
1,00 mM	446	2,927

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) berbasis *Dynamic Light Scattering* (DLS), diperoleh bahwa konsentrasi 0,5 mM menghasilkan ukuran rata-rata partikel sebesar 29,93 nm dengan nilai *Polydispersity Index* (PI) 0,343. Pada konsentrasi 0,75 mM, ukuran rata-rata partikel meningkat menjadi 34,00 nm dengan PI 0,349. Sementara itu, konsentrasi 1 mM menunjukkan ukuran rata-rata partikel terbesar yaitu 49,02 nm dengan PI 0,398. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi AgNO₃ cenderung menghasilkan ukuran partikel yang lebih besar. Seluruh nilai

PDI berada di bawah 0,7 yang mengindikasikan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki distribusi ukuran yang relatif homogen.

Tabel 2. Diameter rata-rata ukuran partikel Nano Partikel Perak (NPAg) dan Indeks Polidispersitas (IP)

Konsentrasi NPAg	Ukuran Partikel (nm)	IP
0,50 mM	29,93	0,343
0,75 mM	34,00	0,349
1,00 mM	49,02	0,398

Aktivitas antibakteri NPAg dievaluasi menggunakan metode difusi cakram untuk mengukur diameter zona hambat. Berdasarkan Tabel 2, konsentrasi 0,5 mM menghasilkan diameter zona hambat rata-rata sebesar 8,13 mm, diikuti oleh konsentrasi 0,75 mM sebesar 9,20 mm, dan konsentrasi 1 mM yang menunjukkan diameter terbesar yaitu 9,70 mm. Hasil pengukuran dari tiga replikasi menunjukkan data yang relatif konsisten, yaitu replikasi 1 sebesar 9,20 mm, 9,30 mm, dan 8,10 mm; replikasi 2 sebesar 8,20 mm, 9,30 mm, dan 8,13 mm; serta replikasi 3 sebesar 9,20 mm, 9,70 mm, dan 8,13 mm (masing-masing untuk konsentrasi 1 mM, 0,75 mM, dan 0,5 mM). Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi NPAg memiliki aktivitas antibakteri dengan variasi efektivitas yang relatif kecil, serta adanya kecenderungan peningkatan aktivitas seiring dengan meningkatnya konsentrasi.

Tabel 3. Diameter zona hambat aktivitas antibakteri Nano Partikel Perak (NPAg)

Konsentrasi NPAg	Diameter Rata-Rata NPAg (nm)
Kontrol (-)	0,00 ± 0,000 ^{*αβγ}
Kontrol (+)	23,62 ± 0,060 ^{#αβγ}
0,5 mM	8,13 ± 0,025 ^{*#αβγ}
0,75 mM	9,16 ± 0,055 ^{*#αγ}
1 mM	9,60 ± 0,264 ^{*#αβ}

Keterangan :

Data dinyatakan ± SD (n=5) signifikansi

* p <0,05 dibandingkan dengan kontrol positif

p <0,05 dibandingkan dengan kontrol negatif

α p <0,05 dibandingkan dengan konsentrasi 0,5 mm

β p <0,05 dibandingkan dengan konsentrasi 0,75mm

γ p <0,05 dibandingkan dengan konsentrasi 1 mm

PEMBAHASAN

Biosintesis nanopartikel perak berlangsung melalui reduksi ion Ag⁺ menjadi Ag⁰ oleh senyawa bioreduktor dalam ekstrak. Proses ini ditandai dengan perubahan warna larutan dari hijau kekuningan menjadi cokelat. Warna hijau berasal dari pigmen klorofil dalam ekstrak, sedangkan warna cokelat merupakan ciri khas nanopartikel perak akibat fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR) (Handoko et al., 2022). Intensitas warna yang semakin pekat menunjukkan meningkatnya jumlah senyawa organik yang teroksidasi dan semakin banyak ion Ag⁺ yang tereduksi menjadi Ag⁰, sehingga jumlah nanopartikel perak yang terbentuk juga meningkat (Gwada et al., 2025). Penyesuaian pH hingga 8 (basa) mendukung proses sintesis. Pada kondisi basa, gugus fungsi ekstrak terdeprotonasi sehingga kemampuan mengkelat ion logam meningkat. Penambahan NaOH mempercepat reaksi reduksi karena perubahan muatan biomolekul pereduksi menjadi lebih reaktif (Qurrataayun et al., 2022).

Karakterisasi NPAg menggunakan spektrofotometri UV - Vis menunjukkan puncak serapan pada rentang 443 - 446 nm untuk seluruh variasi konsentrasi AgNO_3 . Rentang tersebut sesuai dengan λ maks khas nanopartikel perak, yaitu 400 - 450 nm (Handoko et al., 2022). Pergeseran puncak serapan ke arah panjang gelombang yang lebih besar (*red shift*) menunjukkan perubahan karakteristik optik nanopartikel yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion Ag^+ dalam sistem reaksi. Senyawa bioaktif seperti flavonoid dan fenolik berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam pembentukan NPAg. Dengan demikian, konsentrasi AgNO_3 1 mM dinyatakan sebagai kondisi paling optimal berdasarkan intensitas dan kejelasan puncak SPR (Gwada et al., 2025).

Analisis ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) menegaskan bahwa pembentukan nanopartikel perak (NPAg) berlangsung efektif melalui mekanisme reduksi ion perak yang terkendali. Pelepasan AgNO_3 dalam sistem reaksi menghasilkan ion Ag^+ sebagai spesies aktif yang berperan dalam memicu interaksi kimia dengan komponen molekuler di sekitarnya, sehingga memengaruhi kinetika nukleasi dan pertumbuhan partikel (El-Gawad & Zahran, 2023). Senyawa fenolik seperti asam galat, kuersetin, asam klorogenat, asam kafeat, kaempferol, dan mirisetin berperan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil dalam proses sintesis nanopartikel perak (Kaabour et al., 2025). Senyawa tersebut mampu mereduksi ion perak menjadi perak elementer (Ag^0), sementara sifat NPAg yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik permukaannya, seperti bentuk, ukuran, dan tingkat polidispersitas (Moussa et al., 2024).

Keseimbangan antara tahap nukleasi dan pertumbuhan partikel menjadi faktor penentu karakteristik akhir nanopartikel, di mana ketersediaan ion logam dan kondisi reaksi dapat mengarahkan dominasi mekanisme pertumbuhan sehingga memengaruhi distribusi ukuran partikel (Rodriguez-Loya et al., 2024). Distribusi yang relatif homogen menunjukkan bahwa stabilitas koloid terjaga melalui interaksi elektrostatik dan stabilisasi sterik, yang berperan penting dalam mengendalikan agregasi dan reaktivitas permukaan nanopartikel (Kaabour et al., 2025). Dengan demikian, keberhasilan sintesis NPAg mencerminkan sinergi antara pelepasan ion perak, aktivitas reduksi senyawa fenolik, dan mekanisme stabilisasi permukaan yang secara kolektif menentukan sifat fisikokimia nanopartikel (Rodriguez-Loya et al., 2024).

Uji aktivitas antibakteri nanopartikel perak (NPAg) hasil biosintesis herba patikan kebo (*Euphorbia hirta* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* melalui metode difusi cakram menunjukkan bahwa efektivitas penghambatan tidak semata-mata ditentukan oleh konsentrasi bahan aktif, tetapi juga oleh kemampuan difusi dan interaksi senyawa dalam sistem uji. Zona hambat yang berada pada kategori sedang mencerminkan keterbatasan jumlah serta keragaman senyawa antibakteri dalam ekstrak yang memengaruhi efektivitas penghambatan bakteri. Pada metode difusi, penyebaran senyawa aktif sangat dipengaruhi oleh sifat fisikokimia seperti ukuran molekul, polaritas, dan stabilitas sehingga tidak seluruh komponen antibakteri dapat berdifusi secara optimal di dalam medium agar (Goetie et al., 2022).

Kondisi ini menyebabkan peningkatan konsentrasi tidak selalu diikuti peningkatan daya hambat secara proporsional karena efektivitas lebih ditentukan oleh keseimbangan antara laju difusi dan aktivitas biologis senyawa (Wau et al., 2023). Keterbatasan difusi dalam matriks agar juga dapat mempertahankan tingkat penghambatan pada kategori moderat meskipun jumlah bahan aktif meningkat (Hafizah et al., 2024). Pada sistem berbasis nanopartikel perak, aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh dinamika pelepasan ion Ag^+ serta kemampuan partikel untuk menembus matriks agar dan berinteraksi dengan dinding sel bakteri gram positif (Vanlalveni et al., 2024). NPAg bekerja melalui mekanisme multitarget yang melibatkan interaksi elektrostatis antara ion Ag^+ bermuatan positif dengan gugus bermuatan negatif pada permukaan sel bakteri sehingga menyebabkan gangguan integritas membran dan peningkatan permeabilitas sel (Nanda & Zai, 2023). Kerusakan membran ini mengganggu fungsi protein serta materi genetik bakteri yang berperan dalam pertumbuhan sel (Fadillah, 2022). Ion Ag^+ yang dilepaskan juga mampu berpenetrasi ke dalam sel dan berikatan dengan enzim, protein, serta DNA sehingga menghambat respirasi, sintesis protein, dan replikasi bakteri (Khalidoun et al., 2025). Selain itu, pembentukan spesies oksigen reaktif memperkuat efek antibakteri melalui induksi stres oksidatif yang merusak lipid, protein, dan materi genetik sel bakteri (Karataş et al., 2026). Mekanisme yang bekerja secara sinergis ini menjelaskan bahwa efektivitas antibakteri NPAg ditentukan oleh kombinasi kemampuan difusi, stabilitas partikel, serta interaksi biologisnya dengan sel bakteri.

Nanopartikel perak dapat berfungsi sebagai antibakteri karena memiliki luas permukaan yang besar. Sehingga bisa lebih mudah berinteraksi dengan mikroorganisme. Partikel ini bisa masuk ke dalam sel bakteri melalui membran, kemudian merusak proses pernapasan bakteri dan menyebabkan kematian sel bakteri (Fadillah, 2022). Pada penelitian ini diperoleh hasil pada kontrol negatif tidak terdapat zona hambat, pada kontrol positif diperoleh diameter rata-rata zona hambat 23,62 mm, pada konsentrasi 0,5mM didapatkan rata-rata 8,13 mm, pada konsentrasi 0,75mM didapatkan rata-rata diameter 9,16 mm, dan pada konsentrasi 1mM diperoleh rata-rata diameter 9,60 mm. Nilai ini akan semakin besar seiring besarnya konsentrasi dari nanopartikel perak yang ditambahkan. Kemampuan hambat ini disebabkan oleh adanya senyawa flavonoid dan saponin yang terkandung didalam daun Patikan Kebo dan kemampuan antimikroba perak yang dihasilkan oleh nanopartikel perak. Zona hambat yang diperoleh pada penelitian ini masih dalam kategori sedang yaitu pada rentang 5-10 mm (Datta et al., 2019).

SIMPULAN

Biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak herba patikan kebo (*Euphorbia hirta* L.) berhasil menghasilkan partikel berukuran nanometer dengan distribusi ukuran yang relatif homogen. Karakterisasi menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak yang stabil, sedangkan uji aktivitas antibakteri membuktikan bahwa nanopartikel yang dihasilkan mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Aktivitas antibakteri tersebut berkaitan dengan mekanisme kerja nanopartikel

perak yang dapat mengganggu integritas membran sel dan fungsi metabolik bakteri. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel perak hasil biosintesis memiliki potensi sebagai agen antibakteri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (DIKTI) atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2024. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Lamongan atas dukungan fasilitas dan akademik selama pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Abbas, R., Luo, J., Qi, X., Naz, A., Khan, I. A., Liu, H., Yu, S., & Wei, J. (2024). Silver Nanoparticles: Synthesis, Structure, Properties and Applications. *Nanomaterials*, 14(17), 1425. <https://doi.org/10.3390/nano14171425>
- Alfei, S., & Zuccari, G. (2025). Last Fifteen Years of Nanotechnology Application with Our Contribute. *Nanomaterials*, 15(4), 265. <https://doi.org/10.3390/nano15040265>
- Bryan, T., Defny, W., & Erladys, R. (2024). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Alga Halimeda opuntia dari Perairan Desa Poopoh Kabupaten Minahasa Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *PHARMACON*, 13(1), 507–514. <https://doi.org/10.35799/pha.13.2024.49364>
- Datta, F. U., Daki, A. N., Benu, I., Detha, A. I. R., Foeh, N. D. F. K., & Foeh, N. D. F. K. (2019). Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat Cairan Rumen Terhadap Pertumbuhan *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Menggunakan Metode Difusi Sumur Agar. *Jurnal Kajian Veteriner*, 66–85.
- Edith, E. I., & Uzor, P. F. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using <i>Euphorbia hirta</i> Leaf Extract and the Determination of Their Antimicrobial Activity. *Advances in Bioscience and Bioengineering*, 9(4), 124. <https://doi.org/10.11648/j.abb.20210904.14>
- El-Gawad, H. A., & Zahran, H. A. (2023). Silver Withdrawal from X-Ray Waste Via Leaching and Sorption Techniques: Appraisal Ideal Treatment Factors. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(5), 509–522. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2023.206887.7889>
- Fadillah, I. (2022). Kajian Literatur Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Reduktor Kimia dan Biologi serta Uji Aktivitas Antibakteri. *Jurnal Riset Farmasi*, 1(2), 141–149. <https://doi.org/10.29313/jrf.v1i2.569>

- Fahim, M., Shahzaib, A., Nishat, N., Jahan, A., Bhat, T. A., & Inam, A. (2024). Green synthesis of silver nanoparticles: A comprehensive review of methods, influencing factors, and applications. *JCIS Open*, 16, 100125. <https://doi.org/10.1016/j.jciso.2024.100125>
- Goetie, I. H., Sundu, R., & Supriningrum, R. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Sekilang (*Embelia borneensis* Scheff) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Menggunakan Metode Disc Diffusion. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 4(2), 144–155.
- Gwada, C. A., Ndivhuwo, P. S., Matshetshe, K., Aradi, E., Mdluli, P., Moloto, N., Otieno, F., & Airo, M. (2025). Phytochemical-Assisted Synthesis, Optimization, and Characterization of Silver Nanoparticles for Antimicrobial Activity. *RSC Advances*, 15(18), 14170–14181. <https://doi.org/10.1039/d4ra08900f>
- Hafizah, Q., Permatasari, L., & Muchlishah, N. R. I. (2024). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Antibakteri Daun Mangrove (*Rhizophora mucronata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(2), 3829–3836.
- Handoko, V., Yusradinan, A., Nursyahid, A., Wandira, A., & Wulandari, A. P. (2022). Chimica et Natura Acta Green Synthesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Rami (*Boehmeria nivea*) Melalui Iradiasi Microwave. *Chimica et Natura Acta*, 10(1), 15–21. <https://doi.org/10.24198/cna.v10.n1.35755>
- Kaabour, B., Lababidi, G., & Alghoraibi, I. (2025). Sustainable Biosynthesis and Characterization of Optimized Silver Nanoparticles Using *Apis Mellifera Syriaca* Bread with Antimicrobial and Biocompatibility Evaluation. *Discover Sustainability*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02348-6>
- Karataş, H., Eker, F., Akdaşçi, E., Bechelany, M., & Karav, S. (2026). Silver Nanoparticles in Antibacterial Research: Mechanisms, Applications, and Emerging Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 27(2), 927. <https://doi.org/10.3390/ijms27020927>
- Khaldoun, K., Khizar, S., Saidi-Besbes, S., Zine, N., Errachid, A., & Elaissari, A. (2025). Synthesis of Silver Nanoparticles as an Antimicrobial Mediator. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 11(2), 274–293. <https://doi.org/10.1007/s43994-024-00159-5>
- Kusumo, D. W., Efendi, Y. N., Kintoko, K., Yuliana, T. P., Waznah, U., Muldiyana, T., & Pulhehe, H. (2023). Efek Ramuan Tradisional Kaliputih terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa, SOD, HbA1c, dan Histopatologi Pankreas pada Tikus Diabetes yang Diinduksi Streptozotocin. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 21(1), 9. <https://doi.org/10.35814/jifi.v21i1.1229>
- Marukurti, A., Reddy, A. M., Medapalli, S. R., Kasi, P. B., Rao, P. T., Anupoju, R., Ramachandran, D., Mallikarjuna, B., Sarojani, K., & Nirmala, P. V. (2025). Evaluation of Anti-Vibriocidal, Antioxidant Properties and Cytotoxicity of Bio Fabricated/Green Synthesized Silver Nanoparticles

- Using *Euphorbia hitra* L. Leaf Extract. *Next Materials*, 7, 100355.
<https://doi.org/10.1016/j.nxmte.2024.100355>
- Moussa, H., Hamid, S., Mameri, A., Lekmine, S., Tahraoui, H., Kebir, M., Touzout, N., Dahmoune, F., Ola, M. S., Zhang, J., & Amrane, A. (2024). From Green Chemistry to Healthy Environments: Silver Nanoparticles as a Dual Antioxidant and Antibacterial Agents for Advancing Biomedicine and Sustainable Wastewater Treatment. *Bioengineering*, 11(12), 1205.
<https://doi.org/10.3390/bioengineering11121205>
- Nanda, Y. A. T., & Zai, K. (2023). Kajian Pustaka Sintesis Nanopartikel Perak dari Berbagai Tanaman Nusantara dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Majalah Farmaseutik*, 19(3), 459.
<https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v19i3.85186>
- Osama, N., Pratiwi, P. B., & Miswanda, D. (2025). Optimasi Konsentrasi Perak Nitrat dalam Sintesis Nanopartikel Perak Berbasis Ekstrak Daun Jarak Pagar untuk Aplikasi Antibakteri dalam Teknologi Nano. *Nexus: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 01(01), 11–22.
https://ojs.polmed.ac.id/index.php/nexus_sains_dan_teknologi
- Putro, D. S., Ermawati, D. E., & Yugatama, A. (2022). Volume Variation of Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Juice and Peel Extract Toward the Characteristic and Antibacterial Activity of Nanosilver. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 9(1), 31.
<https://doi.org/10.24198/ijpst.v1i1.29870>
- Qubtia, M., Ghumman, S. A., Noreen, S., Hameed, H., Noureen, S., Kausar, R., Irfan, A., Akhtar Shah, P., Afzal, H., Hameed, M., Raish, M., Rana, M., Ahmad, A., Kotwica-Mojzych, K., & Bin Jordan, Y. A. (2024). Evaluation of Plant-Based Silver Nanoparticles for Antioxidant Activity and Promising Wound-Healing Applications. *ACS Omega*, 9(10), 12146–12157.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.3c10489>
- Qurrataayun, S., Rifai, Y., & Rante, H. (2022). Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (Agnp) Menggunakan Ekstrak Daun Serai (*Cymbopogon citratus*) Sebagai Bioreduktor. *Original Article MFF (Majalah Farmasi Dan Farmakologi)*, 26(3), 124–128. <https://doi.org/10.20956/mff.v26i3.21047>
- Rodriguez-Loya, J., Lerma, M., Gardea-Torresdey, & L, J. (2024). Dynamic Light Scattering and Its Application to Control Nanoparticle Aggregation in Colloidal Systems: A Review. *Micromachines*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/mi15010024>
- Samudra, A. G., Ramadhani, N., Pertiwi, R., Putra, A. H., Nugroho, B. H., & Sani, F. (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi Natrium Tripolifosfat Pada Nanoemulsi Metode Gelasi Ionik Ekstrak Etanol *Sargassum* sp. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 7(2), 181–188.
<https://doi.org/10.37874/ms.v7i2.361>
- Sephia, R. A., Rahayu, M. O., Adawiyah, N. R., Fatwa, D. N., Lidia, I., & Mursal, P. (2023). Review Artikel: Analisis Karakteristik dan Pengaplikasian Teknologi Nanopartikel Berdasarkan

- Klasifikasinya pada Berbagai Jenis Terapi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(18), 675–682. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8324839>
- Tripathi, A. N., Sati, S. C., Kumar, P., Sati, S. C., & Kumar, P. (2021). *Euphorbia hirta* Linn-An Invasive Plant: A Review of Its Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacological Properties. *Article in International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 12(12), 6189. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12\(12\).6189-01](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(12).6189-01)
- Vanlalveni, C., Ralte, V., Zohmingliana, H., Das, S., Anal, J. M. H., Lallianrawna, S., & Rokhum, S. L. (2024). A Review of Microbes Mediated Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Their Enhanced Antimicrobial Activities. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32333>
- Wau, B. I. J., Furqan, M., & Lifiani, R. (2023). Uji Aktivitas Daya Hambat Antibakteri Ekstrak N-Heksana *Ocimum basilicum* L. Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans*. *Farmanesia*, 10(1).
- Yulinar, F., & Suharti, P. H. (2022). Seleksi Proses Ekstraksi Daun Sirih pada Pra Rancangan Pabrik Hand Sanitizer Daun Sirih dengan Kapasitas Produksi 480 Ton/Tahun. *Destilat Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 146–153. <http://distilat.polinema.ac.id>