

Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) berbasis Ekstrak Tanaman: Karakterisasi dan Aktivitas Antibakteri

Rahma Amalia, Munir Alinu Mulki*, Yesica Natalia Lawrence

Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Jawa Barat, Indonesia.

2310631210043@student.unsika.ac.id (1), munir.alinu@fikes.unsika.ac.id (2),
2310631210047@student.unsika.ac.id (3)

Abstrak

Sintesis hijau (*green synthesis*) nanopartikel perak (AgNP) menggunakan ekstrak tanaman merupakan pendekatan ramah lingkungan yang kini banyak dikembangkan sebagai alternatif metode kimia konvensional yang berpotensi menghasilkan limbah berbahaya. Proses ini memanfaatkan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan terpenoid yang berperan sebagai *bioreduktor* dan *capping agent* dalam mereduksi ion Ag^+ menjadi logam Ag^0 . Artikel ini merupakan *systematic review* yang disusun berdasarkan pedoman PRISMA 2020 dengan menganalisis 12 penelitian terkait metode sintesis, karakterisasi, dan aktivitas antibakteri AgNP terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif. Hasil kajian menunjukkan bahwa proses sintesis dipengaruhi oleh jenis pelarut, konsentrasi AgNO_3 , suhu, waktu reaksi, dan rasio ekstrak terhadap prekursor. Karakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan puncak serapan khas *Surface Plasmon Resonance* (SPR) pada rentang 390–470 nm dengan ukuran partikel 5–129 nm yang dominan berbentuk sferis. Aktivitas antibakteri AgNP menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi, dengan nilai MIC dan MBC yang rendah serta zona hambat yang besar, menandakan sifat bakterisidal yang kuat. Mekanisme kerjanya melibatkan kerusakan membran sel, peningkatan permeabilitas, dan pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang menyebabkan lisis dan kematian bakteri. Secara keseluruhan, sintesis hijau AgNP berbasis ekstrak tanaman menghasilkan nanopartikel yang stabil, homogen, dan efektif sebagai agen antibakteri alami yang berpotensi dikembangkan dalam bidang biomedis berkelanjutan.

Kata Kunci : Sintesis Hijau, Nanopartikel perak, Antibakteri, Ekstrak tanaman.

Abstract

Green synthesis of silver nanoparticles (AgNP) using plant extracts is an environmentally friendly approach that is now widely developed as an alternative to conventional chemical methods that have the potential to produce hazardous waste. This process utilizes secondary metabolites such as flavonoids, phenolics, tannins, and terpenoids, which act as bioreductants and capping agents in reducing Ag^+ ions to Ag^0 metal. This article is a systematic review compiled based on the PRISMA 2020 guidelines by analyzing 12 studies related to the synthesis method, characterization, and antibacterial activity of AgNP against Gram-positive and Gram-negative bacteria. The results of the study show that the synthesis process is influenced by the type of solvent, AgNO_3 concentration, temperature, reaction time, and the ratio of extract to precursor. Characterization using UV-Vis spectrophotometry shows a characteristic Surface Plasmon Resonance (SPR) absorption peak in the range of 390–470 nm with a particle size of 5–129 nm, predominantly spherical in shape. The antibacterial activity of AgNP increased with increasing concentration, with low MIC and MBC values and large inhibition zones, indicating strong bactericidal properties. The mechanism of action involves cell membrane damage, increased permeability, and the formation of Reactive Oxygen Species (ROS), leading to bacterial lysis and death. Overall, the green synthesis of AgNP based on plant extracts produces stable, homogeneous nanoparticles that are effective as natural antibacterial agents with potential for development in the field of sustainable biomedicine.

Keyword : Green Synthesis, Silver Nanoparticles, Antibacterial, Plant Extracts

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Nanoteknologi adalah salah satu bidang dalam penelitian masa kini. Pendekatan nanoteknologi berhubungan dengan cara merancang, membuat, dan mengubah nanopartikel. Nanopartikel adalah partikel yang memiliki ukuran antara 1nm hingga 100 nm (Septriani & Muldarisnur, 2022). Nanopartikel yang terbuat dari logam memiliki sifat optis yang berbeda dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih besar. Hanya logam yang memiliki electron bebas, seperti Au, Ag, Cu, dan logam alkali, yang dapat menunjukkan Surface Plasmon Resonance (SPR). SPR penting dalam menentukan bagaimana nanopartikel logam menyerap cahaya. Jika panjang gelombang mengalami pergeseran yang lebih besar, ukuran partikel juga akan meningkat. Baik bahan organik maupun anorganik dapat berada dalam bentuk nanopartikel. Sebagian besar penggunaan bahan anorganik yang berbentuk nanopartikel adalah dari logam, seperti Au, Cu, Ti, Zn, dan Ag (Oktavia & Sutoyo, 2021).. Nanopartikel adalah area teknologi yang fokus pada penciptaan dan penggunaan struktur material pada tingkat nano. Pembahasan tentang nanopartikel mencakup tidak hanya partikel yang berukuran nanometer, tetapi juga metode pembuatan untuk mengeksplorasi sifat baru dari nanomaterial yang telah disintesis. Nanopartikel perak adalah salah satu jenis nanopartikel logam yang paling sering disintesis (Kasim et al., 2020). Perak berfungsi sebagai agen antibakteri yang efektif dalam bentuk ion dan banyak diproduksi karena memiliki efek toksik terhadap sel. Efek antibakteri dari perak akan semakin kuat jika ukurannya semakin kecil. Dengan semakin kecilnya ion perak, maka luas permukaannya semakin besar dan kontak dengan bakteri serta jamur juga meningkat. Faktor-faktor seperti konsentrasi, bentuk, ukuran, dan durasi kontak bakteri dengan nanopartikel perak dapat mempengaruhi kemampuan antibakteri dari nanopartikel tersebut (Indah et al., 2022). Nanopartikel perak adalah bentuk logam perak yang sangat kecil. Nanopartikel perak banyak diteliti karena bisa digunakan dalam berbagai bidang dalam kehidupan sehari-hari. Ada dua cara untuk membuat Nanopartikel, yaitu metode top-down (mengubah partikel yang lebih besar menjadi partikel nano) dan bottom-up (mengubah partikel yang lebih kecil menjadi partikel nano) seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1. Metode bottom-up memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode top-down karena lebih mudah untuk mengatur partikel nano yang dibuat. Metode bottom-up dapat dilakukan melalui reaksi reduksi. enciptakan limbah berupa gas diboran (B₂H₆) yang bersifat toksik (Priya et al., 2016).

2. Perumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yaitu : bagaimana penelitian dengan judul Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) berbasis Ekstrak Tanaman: Karakterisasi dan Aktivitas Antibakteri dapat dilakukan sesuai prosedur dan tepat waktu.

3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :mendapatkan hasil penelitian dari judul Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) berbasis Ekstrak Tanaman: Karakterisasi dan Aktivitas Antibakteri

4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu kesehatan, dari judul penelitian Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) berbasis Ekstrak Tanaman: Karakterisasi dan Aktivitas Antibakteri berguna bagi Masyarakat.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun sebagai *systematic review* yang mengikuti pedoman PRISMA 2020. Fokus kajian meliputi sintesis hijau nanopartikel perak (AgNP) berbasis ekstrak tanaman,

karakterisasi fisikokimia, serta aktivitas antibakteri yang dilaporkan dalam berbagai studi. Tahap awal dilakukan dengan pencarian artikel menggunakan kombinasi kata kunci yang disesuaikan dengan masing-masing basis data, yaitu “*Green Synthesis*”, “*Metal Nanoparticle*”, “*Silver Nanoparticle*”, “*AgNP*”, dan “*Antibacterial Agents*”. Pencarian literatur dilakukan pada basis data Google Scholar, ScienceDirect, dan PubMed, dengan rentang waktu 15 Agustus 2025 hingga 6 Oktober 2025. Untuk menajamkan fokus kajian dan memastikan keselarasan dengan PRISMA 2020, pertanyaan penelitian dirumuskan menggunakan kerangka PICO/PEO yang telah diadaptasi untuk konteks sintesis hijau AgNP. Perumusan ini mencakup definisi Populasi/Objek, Eksposur/Intervensi, luaran (*Outcomes*) utama dan sekunder, serta desain studi yang diinklusi. Ringkasan operasional masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kerangka PEO yang diadaptasi untuk systematic review sintesis hijau AgNP berbasis ekstrak tanaman.

Komponen	Deskripsi
Populasi / Objek	Nanopartikel perak (AgNP) yang disintesis menggunakan ekstrak tanaman (daun, kulit buah, daging buah) dan dilaporkan dalam studi eksperimental laboratorium <i>in vitro</i> .
Eksposur / Intervensi	Sintesis hijau AgNP menggunakan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor dengan variasi kondisi reaksi: rasio ekstrak : AgNO ₃ ; konsentrasi AgNO ₃ ; suhu; waktu reaksi. Karakterisasi produk: UV-Vis (λ_{max} /SPR), morfologi & ukuran.
Outcomes	1. Karakterisasi fisik dan kimia AgNP, mencakup: – Nilai λ_{max} SPR (indikasi pembentukan AgNP melalui UV-Vis) – Ukuran dan bentuk partikel 2. Aktivitas antibakteri, mencakup: – Zona hambat (ZOI) terhadap berbagai bakteri Gram positif & negatif – Nilai MIC/MBC (kemampuan bakteriostatik/bakterisidal) – Konsentrasi optimum AgNP dalam uji antibakteri.
Desain Studi	Studi eksperimental laboratorium (laboratory-based experimental study) dengan rancangan <i>in vitro</i> , melibatkan sintesis, karakterisasi fisikokimia, serta uji aktivitas antibakteri <i>in vitro</i> terhadap bakteri uji menggunakan metode difusi cakram/sumur dan MIC/MBC assay.

Tahap berikutnya yaitu melakukan seleksi dan penentuan jurnal yang akan dijadikan sumber data dalam tinjauan pustaka. Proses ini dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, di mana hanya jurnal yang memiliki hubungan langsung dengan topik yang dibahas, sedangkan artikel yang tidak relevan akan dikeluarkan dari analisis. Kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Inklusi	Eksklusi
Artikel yang menyertakan sintesis nanopartikel perak (AgNP) menggunakan ekstrak tanaman	Studi dengan metode sintesis <i>non-plant-mediated</i> (misalnya mikroorganisme, fungi, atau kimia murni)
Artikel yang menyertakan data karakterisasi nanopartikel perak AgNP (bentuk dan ukuran) dan Aktivitas antibakteri (daya hambat)	Artikel tanpa data karakterisasi nanopartikel perak AgNP (bentuk dan ukuran) dan Aktivitas antibakteri (daya hambat)
Artikel penelitian asli (<i>original research article</i>)	Artikel <i>review</i> , meta-analisis, prosiding, atau <i>book chapter</i>
Artikel publikasi <i>open access</i> yang dapat diakses bebas tanpa biaya.	Artikel berbayar (tidak tersedia <i>free access</i>)
Artikel dengan tahun terbit 10 tahun terakhir (2015-2025)	Artikel dengan tahun terbit lebih dari 10 tahun terakhir (<2015)
Artikel dengan menggunakan Bahasa Inggris atau Indonesia	Artikel yang menggunakan selain Bahasa Indonesia atau Inggris

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

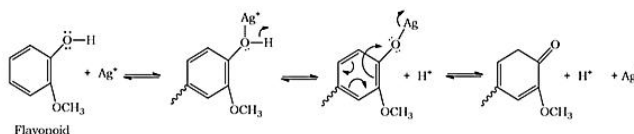
Tabel 3a. Kondisi Sintesis dan Karakterisasi Awal Nanopartikel Perak (AgNP) Menggunakan Berbagai Tanaman Bioreduktor

Tanaman	Pelarut Ekstrak	Ukuran Partikel (nm)/PDI	Bentuk Partikel	Rasio Ekstrak:AgNO ₃	Suhu / waktu	Referensi
---------	-----------------	--------------------------	-----------------	---------------------------------	--------------	-----------

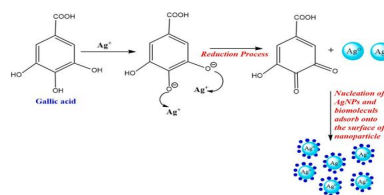
Amalia R, Alinu Mulki M, Natalia Lawrence Y : Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) berbasis Ekstrak Tanaman: Karakterisasi dan Aktivitas Antibakteri

Kulit Pinang (<i>Areca Catechu L.</i>)	etanol 70%,	100	Spherical	1:4 (50ml ekstrak : 200ml AgNO ₃), 0,05 M	±25°C / 2 jam	Bemis et al., 2023
Daun Sendok (<i>Plantago major L.</i>)	aqua demineralisata steril,	129,20 / 0,25	Spherical	1:1 (10ml ekstrak : 10ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	60°C, 70°C, dan 80°C	Dewi et al., 2019
Daun Bayam Duri (<i>Amaranthus spinosus L.</i>)	Aqua bidestilata	90,4 / 0,0301	Spherical (Tidak Seragam), kotak memanjang, cembung (<i>sferis</i>)	1:10 (3ml ekstrak : 30ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	60°C / 60 menit	Pambudi et al., 2024
Akasia Berduri (<i>Acacia nilotica</i>)	Aqua bidestilata	23.65	Spherical	1:9(10ml ekstrak : 90ml AgNO ₃), 1 mM	60°C / 30 minutes	Revathi et al., 2024
Daun asoka (<i>Saraca asoca</i>)	Aqua destilata	24,84	Spherical	1:2 (50ml ekstrak : 100ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	100°C / 5-10 menit	Fatema et al., 2019
Daging buah mimba (<i>Azadirachta indica A. Juss.</i>)	Air murni (Milli-Q water)	31,58 / 2.861	Spherical	1:1 (5ml ekstrak : 5ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	50°C / ±10 menit	Alampally et al., 2025
Daun Ruku-Ruku (<i>Ocimum canum</i>)	Aqua bidestilata	6.13–32.04 nm; rata-rata 15.72	Spherical dan Batang	1:9 (10ml ekstrak : 90ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	80°C / 15 menit	Tailor et al., 2020
Daun arum dalu (<i>Cestrum nocturnum</i>)	Air terdeionisasi (<i>deionized water</i>)	20	Spherical	1:9 (20ml ekstrak : 180ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	70°C / 2 jam	Keshari et al., 2020
Daun pepaya (<i>Carica papaya</i>)	Air murni Milli-Q (<i>MilliQ water</i>)	5-50	Spherical	1:4, 1 mM (0,001M)	60 °C / 30 menit	Banala et al., 2015
Buah petai (<i>Parkia speciosa Hassk.</i>)	Aqua destilata	17 - 18	Spherical	10:1, 20:1 dan 40:1, 1 mM (0,001M)	300 W (±80–100 °C)	Fatimah, 2016
Kulit pisang (<i>Musaparadisiacal</i>)	Aqua destilata	23,7	Spherical	1:50 (1ml ekstrak : 50ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	100°C / 5 menit	Ibrahim, 2015
Daun Lidah Buaya (<i>Aloe vera L.</i>)	Aqua destilata	87,7	Spherical	1:2,5 (20ml ekstrak : 50ml AgNO ₃), 1 mM (0,001M)	±25°C / 40-60 menit	Khan et al., 2017

Mekanisme sintesis hijau melibatkan proses reduksi, di mana kelompok fungsional dari senyawa sekunder bertindak sebagai agen pereduksi yang memberikan elektron kepada ion Ag⁺, sehingga ion Ag⁺ berubah menjadi Ag⁰ (Qurrataayun et al., 2022). Proses perubahan ion Ag⁺ menjadi Ag⁰ dipengaruhi oleh senyawa tertentu yang berfungsi sebagai bioreduktor, seperti senyawa fenolik, terpenoid, flavonoid, dan senyawa lain dalam tanaman yang memiliki kelompok fungsional aldehyd, asam karboksilat, dan amida (Indah et al., 2022). Bentuk dan ukuran partikel AgNP yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor selama reaksi, seperti jenis pelarut, suhu atau waktu, dan perbandingan ekstrak : AgNO₃ (Qurrataayun et al., 2022).



Gambar 3. Reaksi umum pembentukan nanopartikel perak (AgNP)
(sumber : Bemis et al., 2023)



Gambar 4. Mekanisme Reduksi Ion Perak (Ag⁺) oleh Asam Galat dalam Pembentukan Nanopartikel Perak (AgNP).

(Sumber : Alampally et al., 2025)

1. Jenis pelarut

Pemilihan pelarut perlu diperhatikan dalam proses pembuatan nanopartikel perak (AgNP) menggunakan ekstrak tanaman karena pelarut menentukan jenis dan jumlah senyawa bioaktif yang terekstraksi. Setiap jenis pelarut memiliki tingkat polaritas yang bervariasi, yang mempengaruhi seberapa baik mereka dapat melarutkan senyawa-senyawa fitokimia seperti flavonoid, fenol, tanin, saponin, alkaloid, dan terpenoid. Senyawa-senyawa ini berfungsi sebagai agen pereduksi dan stabilisator dalam proses pembentukan nanopartikel. Pelarut yang bersifat polar biasanya menghasilkan ekstrak dengan jumlah senyawa metabolit sekunder yang lebih tinggi, sehingga mempercepat reduksi ion Ag⁺ menjadi Ag⁰ dan menghasilkan nanopartikel yang berukuran lebih kecil serta lebih stabil. Sebaliknya, pelarut non-polar cenderung kurang efektif karena hanya mampu melarutkan senyawa non-polar. Pemilihan pelarut juga memengaruhi beberapa parameter dalam sintesis AgNP, seperti ukuran dan morfologi partikel, stabilitas dispersi, serta posisi puncak serapan pada spektrofotometri UV-Vis (*Surface Plasmon Resonance*). Pelarut yang efektif dalam menarik senyawa reduktor sering kali menghasilkan AgNP yang lebih konsisten, berukuran kecil, dan lebih tahan terhadap agregasi. Tingkat kepolaran dari pelarut mempengaruhi seberapa banyak zat aktif bioreduktor yang dapat diekstraksi. Jika pelarut yang digunakan memiliki tingkat kepolaran yang tinggi, maka lebih banyak zat aktif yang dapat diekstraksi, sehingga proses pembuatan nanopartikel menjadi maksimal. (Asworo et al., 2023).

2. Morfologi bentuk nanopartikel AgNP

Sebagian besar nanopartikel perak (AgNP) yang dihasilkan melalui proses *green synthesis* menggunakan ekstrak tanaman umumnya memiliki morfologi berbentuk sferis (Masykuroh & Puspasari, 2022). Bentuk nanopartikel perak diteliti karena berpengaruh langsung terhadap efektivitas antibakterinya. Nanopartikel berbentuk bulat (*spherical*) cenderung lebih mudah menempel dan berinteraksi dengan dinding sel bakteri dibanding bentuk lainnya. Perbedaan morfologi ini menyebabkan variasi luas permukaan aktif, yang pada gilirannya memengaruhi kemampuan partikel untuk berinteraksi dengan membran sel bakteri. Secara khusus, bentuk sferis memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang optimal, sehingga memungkinkan kontak yang lebih efektif dengan sel bakteri dan meningkatkan aktivitas antibakterinya (Cheon et al., 2019). Hasil tinjauan menunjukkan bahwa bentuk nanopartikel perak (AgNP) yang dihasilkan dari berbagai jenis pelarut dan ekstrak tanaman umumnya memiliki morfologi sferis (bulat). Bentuk sferis ini paling sering terbentuk karena merupakan konfigurasi yang paling stabil secara termodinamika pada proses reduksi ion perak (Ag⁺) menjadi logam perak (Ag⁰). Beberapa penelitian, seperti yang dilaporkan oleh Pambudi et al. (2024) dan Tailor et al. (2020), juga menunjukkan adanya bentuk tidak seragam seperti kotak memanjang atau batang, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan konsentrasi ion perak, komposisi senyawa bioaktif dalam ekstrak, serta kondisi sintesis.

3. Konsentrasi AgNO₃

Semakin besar konsentrasi AgNO₃, semakin besar ukuran yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi perak, semakin banyak atom perak yang tersedia untuk membentuk inti

partikel, sehingga memungkinkan terbentuknya nanopartikel dengan ukuran lebih besar. Pada konsentrasi perak nitrat 1 mM, jumlah ion perak (Ag^+) dalam larutan relatif rendah. Hal ini menyebabkan proses pembentukan inti partikel (nukleasi) terjadi lebih cepat dan dominan sebelum partikel dapat tumbuh lebih besar. Akibatnya, partikel yang terbentuk cenderung berukuran kecil karena jumlah prekursor yang terbatas tidak mendukung pertumbuhan lebih lanjut (Manalu et al., 2024). Sebaliknya, pada konsentrasi perak 2–4 mM, jumlah ion perak yang lebih tinggi meningkatkan kemungkinan tumbukan antarpartikel serta mempercepat laju nukleasi.

IV. KESIMPULAN

Sintesis hijau (*green synthesis*) nanopartikel perak (AgNP) menggunakan ekstrak tanaman merupakan pendekatan yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk menggantikan metode kimia konvensional yang berpotensi menghasilkan limbah berbahaya. Proses ini melibatkan reduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 yang dikatalisis oleh senyawa metabolit sekunder dalam tanaman seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan terpenoid yang berperan sebagai *bioreduktor* dan *capping agent*. Hasil telaah berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan sintesis dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti konsentrasi prekursor AgNO_3 , rasio ekstrak terhadap ion logam, suhu, waktu reaksi, serta jenis pelarut yang digunakan. Karakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan terbentuknya puncak serapan khas perak (*Surface Plasmon Resonance*) pada rentang panjang gelombang 390–470 nm dengan ukuran partikel umumnya berkisar antara 5–129 nm dengan rata-rata berbentuk sferis, yang menandakan keberhasilan proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AgNP yang dibuat melalui biosintesis mempunyai kemampuan antibakteri yang relatif kuat terhadap berbagai jenis bakteri Gram positif dan Gram negatif. Kemampuan antibakteri semakin meningkat ketika konsentrasi AgNP ditingkatkan, yang dibuktikan dengan semakin besarnya diameter zona hambat serta rendahnya nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC), menandakan adanya sifat membunuh bakteri yang ampuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alampally, B. B., Subba Rao, Y., Pidamarthi, S., Muditana, S. R., Dhanavath, P., & Bhavani, D. (2025). Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* (Neem) fruit pulp extract and their antioxidant, antibacterial, and anticancer activity. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2025.100282>
- Arifin, N., Harjono, & Wijayati, N. (2016). SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava* L.) DENGAN IRRADIASI MICROWAVE. *IJCS: Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3).
- Asworo, R. Y., Widwastuti, H., & Widayanti, E. (2023a). Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Ekstrak Kulit Sirsak sebagai Bioreduktor. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(3). <https://doi.org/10.37311/ijpe.v3i3.22310>
- Asworo, R. Y., Widwastuti, H., & Widayanti, E. (2023b). Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Ekstrak Kulit Sirsak sebagai Bioreduktor. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(3). <https://doi.org/10.37311/ijpe.v3i3.22310>
- Banala, R. R., Nagati, V. B., & Karnati, P. R. (2015). Green synthesis and characterization of *Carica papaya* leaf extract coated silver nanoparticles through X-ray diffraction, electron microscopy and evaluation of bactericidal properties. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(5), 637–644.

- Bemis, R., Deswardani, F., Heriyanti, H., Puspitasari, R. D., & Azizah, N. (2023). Sintesis Hijau Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Kulit Pinang (*Areca Catechu* L.) Sebagai Antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 6(2), 176–186. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol6.iss2.art9>
- Cheon, J. Y., Kim, S. J., Rhee, Y. H., Kwon, O. H., & Park, W. H. (2019). Shape-dependent antimicrobial activities of silver nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine*, 14(1), 2773–2780. <https://doi.org/10.2147/IJN.S196472>
- Daris, U. S., Syam, H., & Sukainah, A. (2023). Uji Daya Hambat serta Penentuan Minimum Inhibitor Concentration (MIC) Dan Minimum Bactericidal Concentration (MBC) Ekstrak Daun Bidara Terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(2), 223–234. <https://doi.org/10.26858/jptp.v9i2.682>
- Dewi, K. T. A., Kartini, Sukweenadhi, J., & Avanti, C. (2019). Karakter Fisik dan Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Hasil Green Synthesis Menggunakan Ekstrak Air Daun Sendok (*Plantago major* L.). *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, 6(2).
- Fatema, S., Shirsat, M., Farooqui, M., & Arif, P. M. (2019). Biosynthesis of Silver nanoparticle using aqueous extract of *Saraca asoca* leaves, its characterization and antimicrobial activity. *Int. J. Nano Dimens*, 10(2), 163–168. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Fatimah, I. (2016). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extract of *Parkia speciosa* Hassk Pods Assisted by Microwave Irradiation. *Journal of Advanced Research*, 7(6), 961–969.
- Ibrahim, H. M. M. (2015). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), 265–275.
- Indah, Asri, M., Auliah, N., & Ashari, A. T. (2022). SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK DENGAN AIR REBUSAN DAUN PEGAGAN (*Centella asiatica* L.) DAN UJI AKTIVITAS DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa* DAN *Staphylococcus aureus*. *MFF : Majalah Farmasi Dan Farmakologi*, 26(2). <https://doi.org/10.20956/mff.v26i2.19903>
- Kasim, S., Taba, P., Ruslan, & Romianto. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(2), 126–133. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i2.15137>
- Keshari, A. K., Srivastava, R., Singh, P., Yadav, V. B., & Nath, G. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by *Cestrum nocturnum*. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 11(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.11.003>
- Khan, A., Shaheen A, Mahmood T, Rehman W, & Yaqoob. (2017). Novel Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from Leaf Aqueous Extract of *Aloe Vera* and their Anti-Microbial Activity. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology Applications*, 1(1). www.soooperarticles.com

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
11 November 2025	18 November 2025	27 November 2025	Ya