



Proceeding Wellness Webinar Series Bhakti Kencana

Biosintesis Nanopartikel Perak Dengan Ekstrak Daun Lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*) dan Uji Aktivitas Antioksidannya

Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Lintut leaf Extract (Strobilanthes kalimantanensis) and Its Antioxidant Activity Testing

Wisnu Cahyo Prabowo¹, Sri Widyastuti^{1,*}, Viriyanata Wijaya¹, Nisa Naspiah¹, Nanda Putri Ramadhani¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*Email Korespondensi: sriwidyastutiiii@gmail.com

ABSTRAK

Nanoteknologi berkembang pesat, menghasilkan nanopartikel perak (AgNPs) yang berukuran 1–100 nm. Di dunia medis, AgNPs telah digunakan dalam *patch* luka, pembalut luka, atau gel karena aktivitas antimikroba kuatnya yang mencegah infeksi. Namun, tantangan lain dalam penyembuhan luka adalah kadar ROS (*Reactive Oxygen Species*) berlebih yang merusak jaringan, memperlambat penyembuhan, dan memperburuk kondisi luka. Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan metode *green synthesis* dengan memanfaatkan ekstrak daun lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*) sebagai agen pereduksi (*bio reduktor*) dan agen penstabil (*capping agent*) yang diharapkan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan nanopartikel perak. Proses sintesis dilakukan dengan mereaksikan ekstrak daun lintut dengan larutan perak nitrat (AgNO₃). Terbentuknya AgNPs dikonfirmasi secara visual melalui perubahan warna larutan dari bening menjadi cokelat kemerahan, yang menandakan terjadinya resonansi plasmon permukaan (*Surface Plasmon Resonance*). Karakterisasi fisik dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis yang menunjukkan adanya puncak serapan maksimum pada panjang gelombang tertentu yang khas untuk nanopartikel perak. Karakterisasi kimia menggunakan instrumen FTIR menunjukkan adanya pergeseran dan hilangnya beberapa gugus fungsi setelah reaksi. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ekstrak daun lintut efektif digunakan dalam biosintesis nanopartikel perak yang stabil. Beserta uji aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode DPPH. Hasil penelitian menunjukkan perubahan warna menjadi merah kecoklatan pada hasil reaksi nanopartikel perak serta panjang gelombang maksimum perak sebesar 430 nm. Hasil analisis FTIR juga menunjukkan adanya gugus hidroksil, alkana, alkana dan karboksil pada nanopartikel perak. Serta hasil uji antioksidan nanopartikel perak yakni IC₅₀ sebesar 36,8 ppm yang menandakan antioksidan sangat kuat dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstrak yang nilai IC₅₀ nya yakni 44,7 ppm.

Kata kunci: Antioksidan, Ekstrak Daun Lintut, Nanopartikel perak

ABSTRACT

Nanotechnology is advancing rapidly, producing silver nanoparticles (AgNPs) with dimensions ranging from 1–100 nm. In the medical field, AgNPs are utilized in wound patches, dressings, or gels due to their potent antimicrobial properties that prevent infection. However, another challenge in wound healing is the excessive levels of Reactive Oxygen Species (ROS), which

damage tissues, delay healing, and exacerbate wound conditions. This study aims to synthesize silver nanoparticles (AgNPs) using a green synthesis method by utilizing Lintut leaf extract (*Strobilanthes kalimantanensis*) as both a reducing agent (bioreductor) and a stabilizing agent (capping agent), which is expected to enhance the antioxidant activity of the silver nanoparticles. The synthesis process was conducted by reacting the Lintut leaf extract with a silver nitrate (AgNO_3) solution. The formation of AgNPs was visually confirmed by a color change in the solution from clear to reddish-brown, indicating the occurrence of Surface Plasmon Resonance (SPR). Physical characterization was performed using UV-Vis spectrophotometry, which showed a maximum absorption peak at a specific wavelength characteristic of silver nanoparticles. Chemical characterization using FTIR instrumentation revealed shifts and the disappearance of several functional groups following the reaction. The results of this study conclude that Lintut leaf extract is effective for the biosynthesis of stable silver nanoparticles. Antioxidant activity was also tested using the DPPH method. The results showed a reddish-brown color change in the silver nanoparticle reaction and a maximum wavelength of 430 nm. FTIR analysis indicated the presence of hydroxyl, alkane, alkene, and carboxyl groups on the silver nanoparticles. Furthermore, the antioxidant test results for the silver nanoparticles yielded an IC_{50} of 36.8 ppm, signifying very strong antioxidant activity, which is superior to the extract's IC_{50} value of 44.7 ppm.

Keywords: Antioxidant, Lintut Leaf Extract, Silver nanoparticles

PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu yang saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu produk pengembangan nanoteknologi yang paling signifikan adalah nanopartikel perak (AgNPs) (Iravani dkk., 2014). Nanopartikel perak merupakan partikel perak (Ag) yang berukuran antara 1–100 nanometer (nm) (Karim dkk., 2022). Dalam dunia medis, nanopartikel perak telah diimplementasikan secara luas dalam sediaan *patch* luka (Prayoga dan Hasibuan, 2021), pembalut luka (Gunasekaran, 2011), maupun sediaan gel (Edityaningrum dkk., 2022). Hal tersebut didasarkan pada aktivitas antimikroba kuat yang dimiliki AgNPs sehingga efektif dalam mencegah infeksi pada luka (Purnamasari dkk., 2016; Nalawati dkk., 2021; Prasetyaningtyas dkk., 2022).

Terlepas dari efektivitas antimikroba tersebut, salah satu tantangan krusial dalam patofisiologi penyembuhan luka adalah kadar *Reactive Oxygen Species* (ROS) berlebih yang dapat memicu kerusakan jaringan secara oksidatif. Kondisi ini dapat memperlambat fase regenerasi dan memperburuk kondisi luka (Lakkim dkk., 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu agen terapeutik yang mampu mereduksi kadar ROS berlebih pada area luka. Dalam proses penyembuhan, antioksidan memegang peranan vital karena kemampuannya dalam menjaga keseimbangan ROS untuk mencegah stres oksidatif yang merusak sel (Arief dan Widodo, 2018). Antioksidan bekerja dengan menetralkan radikal bebas sehingga mendukung lingkungan yang kondusif bagi regenerasi jaringan yang dapat mempercepat penyembuhan luka (Comino dkk., 2021). Atas dasar tersebut, beberapa penelitian mulai mengkaji metode sintesis yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan nanopartikel perak guna memberikan efek sinergis dengan sifat antibakterinya (Taba dkk., 2019; Masykuroh dan Abna, 2022; Lakkim dkk., 2023).

Sintesis nanopartikel perak secara konvensional dapat dilakukan melalui metode fisika maupun kimia. Metode fisika umumnya memerlukan pendekatan *top-down* di mana partikel dipecah hingga berukuran nano dengan bantuan alat seperti laser ataupun ultrasonik. Sementara itu, metode kimia memerlukan agen pereduksi untuk mereduksi ion perak serta *capping agent*

yang berperan untuk menstabilkan nanopartikel agar tidak mengalami aglomerasi akibat gaya tarik-menarik antarpartikel (Oktavia dan Sutoyo, 2021). Meskipun metode tersebut efektif, terdapat beberapa keterbatasan berupa biaya material yang cukup mahal serta penggunaan agen pereduksi kimia yang berisiko bagi lingkungan, seperti natrium sitrat, natrium borohidrida (NaBH_4), reagen Tollens, dan N-dimethylformamide (DMF) (Iravani dkk., 2014).

Sebagai solusi alternatif, biosintesis nanopartikel perak dengan bantuan ekstrak tumbuhan sebagai reduktor dan *capping agent* menjadi pilihan yang jauh lebih sederhana, hemat biaya, dan ramah lingkungan (Khan dkk., 2023). Pendekatan ini didukung oleh keberhasilan berbagai penelitian sebelumnya yang menggunakan ekstrak tumbuhan seperti ekstrak daun kelor (Karim dkk., 2022), ekstrak daun nipah (Az zahra dkk., 2020), maupun ekstrak rumput laut (Ainun, 2022). Penggunaan ekstrak tumbuhan tidak hanya lebih ramah lingkungan, tetapi juga terbukti dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dari nanopartikel yang dihasilkan (Oktavia dan Sutoyo, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis dengan metode konvensional cenderung memiliki aktivitas antioksidan yang lemah, sementara nanopartikel hasil biosintesis tumbuhan menunjukkan aktivitas yang lebih unggul (Latapa dkk., 2019). Hal tersebut dibuktikan melalui uji aktivitas antioksidan AgNPs dari ekstrak kenari (*Juglans regia*) yang terbukti lebih efektif menangkal radikal DPPH dibandingkan ekstrak murninya (Zarrabi dkk., 2019). Selain itu, ditemukan pula bahwa aktivitas antioksidan AgNPs dari daun *Costus afer* memiliki kekuatan yang setara dengan asam askorbat (vitamin C) (Elemike dkk., 2017). Peningkatan aktivitas ini disebabkan oleh komponen bioaktif tumbuhan seperti alkaloid, terpenoid, dan polifenol yang berikatan pada permukaan nanopartikel sebagai *capping agent* sehingga dapat menghasilkan efek sinergis dengan nanopartikel perak (Oktavia dan Sutoyo, 2021).

Sejalan dengan potensi tersebut, daun lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*) merupakan bahan alam endemik asal Kalimantan Timur yang memiliki prospek sebagai agen biosintesis. Tumbuhan ini mengandung berbagai zat aktif seperti alkaloid, polifenol, serta terpenoid (Prabowo dkk., 2024). Gugus hidroksil ($-\text{OH}$), karbonil ($-\text{COOH}$), maupun amina ($-\text{NH}_2$) pada berbagai senyawa tersebut diduga dapat berperan sebagai reduktor alami sekaligus *capping agent* yang melindungi nanopartikel dari aglomerasi (Marslin dkk., 2018). Penelitian sebelumnya telah mengonfirmasi bahwa ekstrak etanol daun lintut memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Prabowo dkk., 2023). Namun demikian, pemanfaatan ekstrak daun lintut untuk biosintesis AgNPs serta kajian potensinya dalam meningkatkan aktivitas antioksidan belum pernah dilaporkan sebelumnya.

METODE

Alat-Bahan

Penelitian ini menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Visible Biobase BK-D560 dan Instrumen FTIR Bruker Alpha II. Bahan yang digunakan adalah Daun Lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*), Etanol 96%, Perak Nitrat (AgNO_3), Air deionisasi, Methanol p.a, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

Persiapan Sampel

Daun lintut yang sudah dikumpulkan kemudian disortasi basah dengan memilih daun yang segar dan tidak robek, kemudian dicuci hingga bersih dan diangin-anginkan serta dihindarkan dari paparan matahari langsung. Setelah kering dapat dilakukan sortasi kering lalu dilanjutkan dengan pembuatan serbuk daun lintut.

Ekstraksi Sampel

Simplisia daun lintut kemudian ditimbang sebanyak 350 g lalu ditambahkan etanol 96% sebanyak 5,25 L, kemudian dilakukan proses ekstraksi dengan metode maserasi selama 3x24 jam. Hasilnya kemudian disaring dengan kertas saring dan diperoleh filtrat. Filtrat yang didapat lalu diuapkan dengan *rotary evaporator* hingga terbentuk ekstrak kental.

Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*)

Proses biosintesis nanopartikel perak dilakukan dengan menggunakan metode oleh (Karim dkk., 2022) dengan beberapa penyesuaian. Dimulai dengan pembuatan larutan AgNO_3 dengan melarutkan serbuk AgNO_3 dengan air deionisasi pada konsentrasi 1 mM dalam 500 mL. Setelah itu dibuat larutan ekstrak daun lintut dengan konsentrasi 4000 ppm dalam 100 ml. Kemudian larutan AgNO_3 dimasukkan kedalam gelas kimia dan ditambahkan larutan ekstrak daun lintut dengan rasio ekstrak : AgNO_3 sebanyak 1:2 yakni 20 ml larutan ekstrak dan 40 ml larutan AgNO_3 . Penambahan larutan ekstrak dilakukan tetes demi tetes menggunakan pipet tetes sembari dihomogenkan dengan *magnetic stirrer*. Proses homogenasi dilakukan selama kurang lebih 2 jam, kemudian campuran tersebut diinkubasi selama 24 jam dalam suhu ruang. Pembentukan nanopartikel perak ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi coklat kemerahan.

Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis

Metode karakterisasi nanopartikel perak dilakukan dengan prosedur oleh (Karim dkk., 2022). Mula-mula diambil sebagian larutan hasil reaksi Nanopartikel perak kemudian dilakukan pengukuran serapan. Pada saat melakukan pengukuran panjang gelombang maksimum, mula-mula disiapkan larutan blanko. Kemudian dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum sampel larutan nanopartikel perak pada rentang panjang gelombang 350- 550 nm dengan interval 1 nm. Nanopartikel perak telah terbentuk apabila terdapat panjang gelombang maksimum diantara antara 400-500 nm (Karim dkk., 2022).

Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan FTIR

Karakterisasi sampel menggunakan instrumen FTIR dilakukan dengan metode oleh (Oktavia dan Sutoyo, 2021) dengan beberapa penyesuaian. Pertama disiapkan koloid nanopartikel perak lalu ditetaskan pada permukaan wadah dalam instrument FTIR dan dianalisis gugus fungsionalnya pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} dengan resolusi 4 cm^{-1} untuk mengetahui gugus fungsi ekstrak yang terkandung pada nanopartikel perak tersebut yang berperan sebagai *capping agent*. Kemudian dianalisis gugus fungsi yang ada pada spektrum yang diperoleh. Setelah itu dilakukan hal yang serupa untuk analisis gugus fungsi pada ekstrak. Lalu diamati pergeseran puncak yang terjadi.

Uji Aktivitas Antioksidan Vitamin C

Prosedur diawali dengan pembuatan larutan stok 1000 ppm dengan melarutkan 50 mg vitamin C ke dalam 50 mL metanol p.a. Dari larutan stok tersebut, dibuat seri konsentrasi 2, 3, 6, 8, dan 10 ppm dalam labu ukur 10 mL. Sebanyak 2 mL dari setiap variasi konsentrasi dicampur dengan 2 mL larutan DPPH 0,1 mM, lalu dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit di tempat gelap. Absorbansi kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm.

Uji Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak

Pembuatan larutan stok 100 ppm dilakukan dengan melarutkan 0,7 mL nanopartikel perak hasil reaksi ke dalam 10 mL metanol p.a. Selanjutnya, dibuat seri konsentrasi 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Setiap sampel diambil sebanyak 2 mL, ditambahkan 2 mL larutan DPPH 0,1 mM,

dan didiamkan selama 30 menit dalam kondisi gelap. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm untuk kemudian dihitung persentase inhibisinya.

Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*)

Larutan stok 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 10 mg ekstrak dalam 10 mL metanol p.a, yang kemudian diencerkan menjadi seri konsentrasi 2, 3, 6, 8, dan 10 ppm. Sebanyak 2 mL larutan uji dari tiap konsentrasi direaksikan dengan 2 mL DPPH 0,1 mM dan diinkubasi selama 30 menit di tempat gelap. Setelah inkubasi, absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan Nilai IC₅₀

Penentuan parameter antioksidan untuk setiap sampel dilakukan melalui dua tahap analisis data utama guna mengevaluasi efektivitas penangkal radikal bebas. Tahap pertama adalah perhitungan persentase inhibisi atau aktivitas peredaman radikal yang ditentukan berdasarkan selisih antara absorbansi kontrol (A₀) dan absorbansi sampel (A₁) menggunakan rumus:

$$\text{Persen Inhibisi} = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100 \%$$

Selanjutnya, nilai IC₅₀ ditetapkan untuk mengukur konsentrasi sampel pada tiap sampel yang digunakan yang mampu menghambat 50% radikal bebas DPPH. Nilai ini diperoleh dengan memplot variasi konsentrasi sampel pada sumbu x dan persen inhibisi pada sumbu y ke dalam sebuah persamaan regresi linear, di mana nilai IC₅₀ ditentukan saat nilai y mencapai 50.

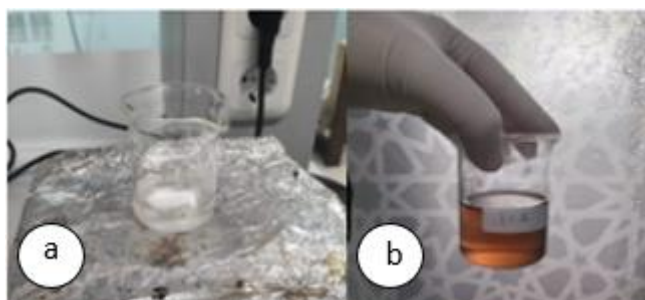
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstrak

Proses ekstraksi sampel 350 g daun lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*) menggunakan pelarut etanol 96% sebanyak 5,25 L. Ekstrak kental yang didapatkan sebesar 22,7 gr dengan jumlah persen rendamen sebanyak 15,4%, hasil tersebut sesuai dengan presentase rendamen yaitu antara 10-15% yang dimana menunjukkan bahwa proses ekstraksi telah berlangsung sempurna (Farmakope Herbal, 2017)

Pengamatan Perubahan Warna Pada Proses Reaksi

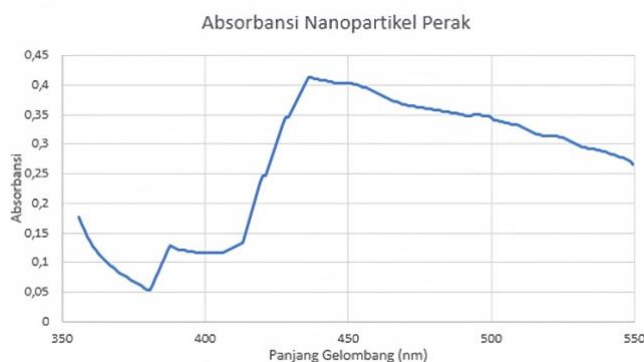
Sintesis nanopartikel perak secara visual dikonfirmasi melalui perubahan warna larutan dari bening menjadi coklat kemerahan yang stabil selama lebih dari 24 jam. Perubahan ini merupakan indikator awal terbentuknya AgNPs akibat fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR), yaitu eksitasi elektron kolektif pada permukaan logam saat berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik (Afreen dkk., 2020).



Gambar 1. Perubahan Warna Pada Reaksi Pembentukan Nanopartikel Perak
(a) Sebelum Reaksi (b) Sesudah Reaksi

Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi fisik nanopartikel perak dilakukan melalui observasi visual dan analisis spektrofotometri UV-Vis untuk mengonfirmasi keberhasilan sintesis. Nanopartikel perak memiliki sifat optik unik yang dikenal sebagai *Surface Plasmon Resonance* (SPR). Fenomena ini terjadi akibat adanya eksitasi elektron kolektif pada ikatan logam antar atom perak ketika berinteraksi dengan radiasi elektromagnetik pada intensitas tertentu. Secara kualitatif, terbentuknya AgNP diindikasikan oleh perubahan warna larutan menjadi coklat kemerahan (Afreen dkk., 2020). Dari hasil reaksi yang diperoleh terdapat perubahan warna larutan dari bening menjadi coklat kemerahan yang stabil selama lebih dari 1 hari (24 jam) menunjukkan telah terbentuknya nanopartikel perak. Hasil yang sama juga diperoleh pada beberapa penelitian terdahulu dimana perubahan warna menjadi kecoklatan adalah salah satu indikator awal telah terbentuknya nanopartikel perak (Maykuroh dan Puspitasari, 2022), (Haryani dkk., 2016), (Ridwan dkk., 2019). Konfirmasi lebih lanjut dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dimana apabila pada panjang gelombang 350–550 nm terdapat panjang gelombang maksimum diantara 400–500 nm merupakan indikator spesifik terjadinya fenomena SPR yang menandakan keberadaan nanopartikel perak (Nisa dkk., 2020). Hasil penentuan panjang gelombang maksimum dari hasil reaksi adalah sebesar 430 nm yang menunjukkan nanopartikel perak yang dihasilkan kemungkinan besar berukuran kecil dan berbentuk bulat (Grevorgyan dkk., 2022). Selain itu, karakteristik puncak yang lebar (*broad peak*) serta cenderung melebar ke arah panjang gelombang yang lebih tinggi menunjukkan bahwa nanopartikel perak hasil reaksi bersifat polidisersi, di mana terdapat variasi ukuran partikel yang cukup luas atau kemungkinan terjadinya sedikit agregasi antar partikel meskipun secara keseluruhan masih menunjukkan karakteristik khas *Surface Plasmon Resonance* (SPR) perak (Dagher dkk., 2025).

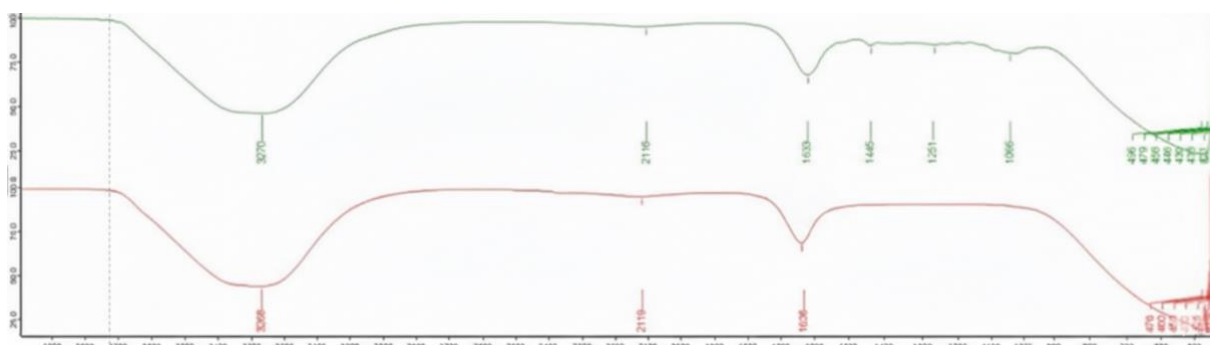


Gambar 2. Hasil Absorbansi Nanopartikel Perak

Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan FTIR

Karakterisasi menggunakan instrumen FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi metabolit sekunder yang berperan sebagai agen pereduksi (*bio reduktor*) dan penstabil (*capping agent*). Pergeseran pada ekstrak yang awalnya 3270 cm^{-1} pada ekstrak menjadi 3268 cm^{-1} pada nanopartikel perak hasil reaksi menandakan adanya interaksi antara gugus hidroksil (-OH) yang kemungkinan besar berasal dari senyawa polifenol dalam ekstrak dengan ion perak. Dalam mekanisme ini, gugus -OH mendonorkan elektron untuk mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 . Proses tersebut mengakibatkan transformasi struktur kimiawi pada gugus fungsi tersebut (misalnya oksidasi fenol menjadi kuinon), sehingga mengubah konstanta gaya ikatan dan menyebabkan pergeseran vibrasi khas pada bilangan gelombang dalam spektrum FTIR (Aryasa dan Artini, 2023). Selain itu terdapat pergeseran dari 1633 cm^{-1} pada ekstrak yang merupakan puncak yang menandakan adanya ikatan alkena seperti gugus C=O atau C=C menjadi 1636 cm^{-1} pada nanopartikel perak hasil reaksi. Hal tersebut menandakan gugus C=O atau C=C juga berkontribusi dalam pembentukan nanopartikel perak (Irwan dkk., 2022). Selain itu, beberapa puncak ada pada ekstrak namun hilang pada nanopartikel hasil reaksi, terutama pada 1251 cm^{-1}

dan 1445 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan alkana (gugus C–O dan O–H) serta $1015\text{--}1087\text{ cm}^{-1}$ (gugus C–O–C) menunjukkan bahwa gugus-gugus tersebut terikat pada permukaan nanopartikel perak sebagai *capping agent* sehingga tidak terdeteksi lagi oleh FTIR karena ketika atom oksigen pada gugus C–O atau O–H berikatan dengan permukaan perak, kebebasan vibrasi ikatan tersebut menjadi terbatas atau teredam (*damped*) sehingga terjadi penurunan intensitas yang sangat signifikan sehingga tampak seperti menyatu dengan *noise* atau hilang (Arland dan Kumar, 2024). Secara keseluruhan, pola pergeseran dan hilangnya puncak FTIR ini memperkuat bahwa biosintesis nanopartikel perak berhasil dan bahwa biomolekul dalam ekstrak seperti polifenol, alkaloid dan terpenoid berperan penting sebagai agen pereduksi dan penstabil (Synodalia dan Phillip, 2023).



Gambar 3. Hasil Analisis FTIR
(Hijau: Ekstrak Daun Lintut, Merah: Nanopartikel Perak)

Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak

Peredaman radikal oleh senyawa antioksidan umumnya disebut sebagai inhibisi, dengan efektivitasnya dinyatakan dalam persen inhibisi. Tingkat aktivitas ini dinilai melalui parameter IC_{50} , yakni konsentrasi sampel yang mampu menghambat 50% radikal bebas DPPH. Nanopartikel perak hasil sintesis hijau memiliki potensi antioksidan yang tinggi (Lakkim dkk., 2016) karena adanya metabolit sekunder yang menyelimuti permukaannya (Maesaroh dkk., 2018). Senyawa aktif seperti alkaloid, terpenoid, dan polifenol yang memiliki gugus hidroksil (–OH) berperan sebagai reduktor sekaligus *capping agent*. Keberadaan gugus hidroksil (–OH) dari senyawa tersebut pada permukaan nanopartikel dibuktikan oleh puncak serapan pada bilangan gelombang 3268 cm^{-1} dari hasil pengujian FTIR. Gugus hidroksil tersebut memiliki kemampuan untuk mendonorkan atom hidrogen guna menetralisasi radikal bebas, sehingga mampu menginisiasi pemutusan rantai oksidasi maupun menghentikan reaksi radikal berantai (Maesaroh dkk., 2018).

Tabel 1 Hasil Uji Antioksidan Nanopartikel Perak

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi				Inhibisi (%)	SD	IC_{50} (ppm)	Keterangan
	1	2	3	DPPH				
20	0,551	0,55	0,550	0,871	36,8	0,0004	36,8	Sangat Kuat
40	0,381	0,386	0,385	0,871	55,9	0,021		
60	0,307	0,308	0,308	0,871	64,6	0,0004		
80	0,2	0,195	0,195	0,871	77,4	0,002		
100	0,037	0,036	0,040	0,871	95,6	0,001		

Perbandingan Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak Hasil Sintesis dengan Ekstrak Murni Daun Lintut (*Strobilanthes kalimantanensis*)

Aktivitas antioksidan vitamin C, nanopartikel perak dan ekstrak daun lintut termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat karena ketiganya memiliki nilai $IC_{50} < 50$ ppm (Karim dkk., 2020). Pada pengujian vitamin C diperoleh nilai rata-rata IC_{50} sebesar 3,05 ppm. Sementara pada nanopartikel perak diperoleh IC_{50} sebesar 36,8 ppm dan pada ekstrak daun lintut sebesar 44,7 ppm. Nilai IC_{50} vitamin C lebih rendah sehingga memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan nanopartikel perak dan ekstrak daun lintut dikarenakan vitamin C murni merupakan senyawa murni yang telah terbukti sebagai antioksidan dan memiliki lebih banyak gugus hidroksil sehingga lebih mampu mendonorkan atom hidrogen pada radikal bebas sehingga pada akhirnya memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Sedangkan nanopartikel perak memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak daun lintut dikarenakan adanya komponen bioaktif tumbuhan yang juga dibantu dengan adanya nanopartikel perak itu sendiri yang juga dapat memberi aktivitas antioksidan sehingga kombinasi keduanya dapat memberi aktivitas antioksidan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan ekstrak daun lintut sendiri.

Tabel 2. Hasil Uji Antioksidan Nanopartikel Perak dan Ekstrak Daun Lintut

Sampel	IC_{50} (ppm) $\pm$ SD
Vitamin C	$3,05 \pm 0,058$
Nanopartikel perak	$36,8 \pm 0,007$
Ekstrak Daun Lintut	$44,7 \pm 0,0611$

Peningkatan aktivitas antioksidan pada nanopartikel perak didorong oleh efek sinergis antara sifat redoks logam perak dengan kemampuan donor elektron dari senyawa organik yang menyelimutinya. Dalam sistem ini, inti perak pada nanopartikel perak dapat berperan sebagai donor elektron untuk menstabilkan molekul radikal, sementara senyawa bioaktif pada permukaannya bekerja menetralkan radikal melalui mekanisme *Hydrogen Atom Transfer* (HAT) maupun *Single Electron Transfer* (SET) (Oktavia dkk., 2021). Keberadaan gugus hidroksil yang terdeteksi pada bilangan gelombang 3268 cm^{-1} melalui spektrum FTIR mengonfirmasi bahwa meskipun sebagian gugus fungsi telah teroksidasi selama reduksi ion Ag^+ , sisa gugus hidroksil yang menempel pada permukaan nanopartikel tetap aktif secara biologis.

Selain itu, karena luas permukaannya yang besar maka nanopartikel perak juga dapat berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) yang mengonsentrasikan senyawa antioksidan pada permukaannya. Berbeda dengan kondisi pada ekstrak tumbuhan di mana senyawa antioksidan tersebar bebas, pada sistem ini senyawa tersebut terpusat pada permukaan nanopartikel sehingga gugus aktifnya menjadi lebih terekspos. Kondisi ini memudahkan radikal bebas DPPH untuk bersentuhan langsung dengan situs aktif nanopartikel, sehingga proses netralisasi terjadi lebih cepat dan efisien (Khan dkk., 2020). Hal inilah yang menyebabkan nanopartikel perak memiliki daya hambat (inhibisi) yang lebih kuat dibandingkan dengan ekstrak daun lintut dalam bentuk bebasnya.

SIMPULAN

Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun lintut berhasil dilakukan, yang dikonfirmasi melalui adanya fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR) dan analisis FTIR yang menunjukkan keterlibatan gugus fungsi senyawa aktif dalam proses reduksi dan stabilisasi. Aktivitas antioksidan

nanopartikel perak hasil biosintesis memiliki nilai sebesar 36,8 ppm, yang termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat. Aktivitas antioksidan nanopartikel perak terbukti lebih efektif dibandingkan ekstrak murni daun lintut, ditunjukkan dengan nilai IC_{50} sebesar 36,8 ppm dibandingkan ekstrak daun lintut yang sebesar 44,7 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan izin-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, termasuk orang tua, saudara, dosen pembimbing, serta teman-teman pengelola Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Farmaka Tropis, Fakultas Farmasi, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Afreen, A., Ahmed, R., Mehboob, S., Tariq, M., Alghamdi, H. A., Zahid, A. A., ... & Hasan, A. (2020). Phytochemical-assisted biosynthesis of silver nanoparticles from *Ajuga bracteosa* for biomedical applications. *Materials Research Express*, 7(7), 075404.
- Ainun, A. N. (2022). *Sintesis Nanopartikel Perak dari Ekstrak Rumput Laut Padina australis dan Potensinya sebagai Antiseptik Handsanitizer = Synthesis of Silver Nanoparticles from Padina australis Seaweed Extract and Its Potential as an Antiseptic Handsanitizer* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Arland, S. E., & Kumar, J. (2024). Green and chemical syntheses of silver nanoparticles: Comparative and comprehensive study on characterization, therapeutic potential, and cytotoxicity. *European Journal of Medicinal Chemistry Reports*, 11, 100168.
- Aryasa, I. W. T., & Artini, N. P. R. (2023). Green Synthesis Silver Nanoparticles Using Sembung (*Blumea balsamifera*) Leaf Extract as an Antibacterial and Antioxidant. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11877-11886.
- Arief, H., & Widodo, M. A. (2018). Peranan stres oksidatif pada proses penyembuhan luka. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 5(2), 22-28.
- Az-Zahra, F., Naspiah, N., Febrina, L., & Rusli, R. (2020). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak metanol daun nipah (*Nypa fruticans*) sebagai agen antibakteri. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 2(3), 166-170.
- Comino-Sanz, I. M., López-Franco, M. D., Castro, B., & Pancorbo-Hidalgo, P. L. (2021). The role of antioxidants on wound healing: A review of the current evidence. *Journal of clinical medicine*, 10(16), 3558.
- Dagher, W., Alassod, A., Al Hinnawi, M. F., Alghoraibi, I., Taher, A., & Alnhlaoui, M. (2025). Characterization and antibacterial effect of green-synthesised silver nanoparticles using different extraction methods from *Ziziphus spina-christi* (Sidr) leaf extract collected from Syria. *RSC advances*, 15(42), 35642-35659.

- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Farmakope Hebal Indonesia Edisi II. In Farmakope Herbal Indonesia.
- Edityaningrum, C. A., Oktafiani, A. T., Widiyastuti, L., & Arimurni, D. A. (2022). Formulasi dan Evaluasi Gel Nanopartikel Perak. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 9(2), 126-139.
- Elemike, Elias E., dkk.2017. Silver nanoparticles mediated by Costus afer leaf extract: synthesis, antibacterial, antioxidant and electrochemical properties. *Molecules* 22.(5)701
- Gevorgyan, S., Schubert, R., Falke, S., Lorenzen, K., Trchounian, K., & Betzel, C. (2022). Structural characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized using a low-molecular-weight Royal Jelly extract. *Scientific reports*, 12(1), 14077.
- Haryani, Y., Kartika, G. F., Yuharmen, Y., Putri, E. M., Alchalish, D. T., & Melanie, Y. (2016). Pemanfaatan Ekstrak Air Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Linn. var. *rubrum*) Pada Biosintesis Sederhana Nanopartikel Perak. *Chimica et Natura Acta*, 4(3), 151-155.
- Iravani, S., Korbekandi, H., Mirmohammadi, S. V., & Zolfaghari, B. (2014). Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. *Research in pharmaceutical sciences*, 9(6), 385-406
- Irwan, I., Ramadhaniaty, M., & Nurliza, E. (2022). Antioxidant activity of silver nanoparticles synthesized using *Holothuria atra* extract. *Depik Jurnal*, 11(3), 341-346.
- Karim, F., Tungadi, R., & Thomas, N. A. (2022). Biosintesis nanopartikel perak ekstrak etanol 96% daun kelor (*Moringa oleifera*) dan uji aktivitasnya sebagai antioksidan. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 2(1), 32-41.
- Khan,A., R. Vishvakarma, P. Sharma, S. Sharma, A. Vimal. 2023. Green Synthesis of Metal-Oxide Nanoparticles from Fruits and Their Waste Materials for Diverse Applications, in: Nanomaterials from Agricultural and Horticultural Products 81–119.
- Kristanti, A. N. (Ed.). (2019). *Fitokimia*. Airlangga University Press.
- Lakkim, V., Reddy, M. C., Lekkala, V. V., Lebaka, V. R., Korivi, M., & Lomada, D. (2023). Antioxidant efficacy of green-synthesized silver nanoparticles promotes wound healing in mice. *Pharmaceutics*, 15(5), 1517.
- Maesaroh, K., Kurnia, D., & Al Anshori, J. (2018). Perbandingan Metode Uji Aktivitas Antioksidan DPPH, FRAP dan FIC Terhadap Asam Askorbat, Asam Galat dan Kuersetin. *Chimica et Natura Acta*, 6(2), 93.
- Marslin, G., Siram, K., Maqbool, Q., Selvakesavan, R. K., Kruszka, D., Kachlicki, P., & Franklin, G. (2018). Secondary metabolites in the green synthesis of metallic nanoparticles. *Materials*, 11(6), 940.

- Maslahah, N., & Nurhayati, H. (2024). Manfaat Kesehatan Beberapa Senyawa Fitokimia. *Warta BSIP Perkebunan*, 2(3), 22-25.
- Masykuroh, A., & Puspasari, H. (2022). Aktivitas anti bakteri nano partikel perak (npp) hasil biosintesis menggunakan ekstrak keladi sarawak alocasia macrorrhizosterhadap staphylococcus aureus dan escherichia coli. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 7(1), 76-85.
- Masykuroh, A., & Abna, N. (2022). Uji Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak (NPP) Hasil Biosintesis Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Jeruk Kunci Citrus microcarpa Bunge. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 7(2), 51-64.
- Nalawati, A. N., Suyatma, N. E., & Wardhana, D. I. (2021). Sintesis Nanopartikel Perak (Npag) Dengan Bioreduktor Ekstrak Biji Jarak Pagar Dan Kajian Aktivitas Antibakterinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 32(2), 98-106.
- Ningrum, R., Elly, P., Sukarsono. 2016. Alkaloid Compound Identification of Rhodomyrtus tomentosa Stem as Biology Instructional Material for Senior High School X Grade. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2 (3) : 231-236.
- Nisa, M. N. A. T., Pratiwi, D. E., & Maryono, M. (2020). Pengaruh Penambahan Poli Vinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun The Effect of Poly Vinyl Alcohol Addition on the Characteristics of Silver Nanoparticles Synthesis Using Bioreduct. *J. Chem*, 21(111), 173-183.
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(1), 37-54.
- Prabowo, W. C., Kuncoro, H., Irawan, B., Kusuma, S. A. F., & Susilawati, Y. (2024). Botanical and pharmacognostic investigation of Strobilanthes kalimantanensis. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 15(3), 144-149.
- Prasetyaningtyas, T., Prasetya, A. T., & Widiarti, N. (2020). Sintesis nanopartikel perak termodifikasi kitosan dengan bioreduktor ekstrak daun kemangi (Ocimum Basilicum L.) dan uji aktivitasnya sebagai antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1), 37-43.
- Prayoga, A., & Hasibuan, P. A. Z. (2021). Antibacterial Activity of Patch Silver Nanoparticles and Chitosan with Cellulose Nanofibers Carriers against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 4(2), 15-21
- Purnamasari, M. D., Harjono, H., & Wijayati, N. (2016). Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih Dengan Irradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2)

- Ridwan, R. N., Gusrizal, G., Nurlina, N., & Santosa, S. J. (2019). Sintesis dan Studi Stabilitas Nanopartikel Perak Tertudung Asam Salisilat. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(3), 83-90.
- Synodalia, C.W. dan Philipus, J. P. 2023. Bio Nanopartikel Perak Sains dan Aplikasi. Jakarta: Deepseek
- Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai bioreduktor dan uji aktivitasnya sebagai antioksidan. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 51-60.
- Vu, N. K., Zille, A., Oliveira, F. R., Carneiro, N., & Souto, A. P. (2013). Effect of particle size on silver nanoparticle deposition onto dielectric barrier discharge (DBD) plasma functionalized polyamide fabric. *Plasma Processes and Polymers*, 10(3), 285-296.