

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK METANOL DAUN SANGITAN
(*Sambucus javanica* R.) SEBAGAI PENGENDALI JAMUR *Curvularia verruculosa*
PADA TANAMAN PADI (*Oryza sativa*)**

IG.A.G. Bawa*, H.S. Sanjaya, O. Ratnayani, dan S.C. Yowani

**Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana,
Jimbaran, Bandung, Bali, Indonesia**

***e-mail: gede_bawa@unud.ac.id**

Article Received on: 4th January 2026

Revised on: 20th July 2026

Accepted on: 31st July 2026

ABSTRAK

Curvularia verruculosa merupakan patogen penting pada tanaman padi yang menyebabkan bercak cokelat dan penurunan hasil panen. Pengendalian yang umumnya dilakukan melalui penggunaan fungisida sintetis berpotensi menimbulkan resistensi patogen dan dampak lingkungan. Daun sangitan (*Sambucus javanica* R.) mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, dan terpenoid yang berpotensi sebagai antijamur. Penelitian ini bertujuan mensintesis nanopartikel perak (NPAg) berbasis ekstrak metanol daun sangitan, mengkarakterisasi sifat fisikokimianya, serta mengevaluasi aktivitas antijamurnya terhadap *Curvularia verruculosa*. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi, dan ekstrak digunakan sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam sintesis NPAg menggunakan AgNO₃. Karakterisasi dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, *Particle Size Analyzer*, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*, dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Hasil UV-Vis menunjukkan panjang gelombang 413 nm, menandai terbentuknya nanopartikel. Ukuran partikel utama didapatkan sebesar 512,4 nm, PI 0,4208, dan zeta potensial -28,51 mV. Analisis *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* menunjukkan AgNPs berpermukaan halus dengan sedikit agregasi, serta mendeteksi unsur C, O, K, Cl, P, dan Ag. Spektrum FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus hidroksil, karbonil, dan ikatan organik seperti C–O, C–H, dan C–N. Uji antijamur menunjukkan NPAg memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan ekstrak kasar dengan zona hambat 25,3 mm, sedangkan KHM tercapai pada konsentrasi 2% dengan zona hambat 10 mm.

Kata kunci: nanopartikel perak, *Sambucus javanica* R., *Curvularia verruculosa*, antijamur, biosintesis.

ABSTRACT

Curvularia verruculosa is an important pathogen of rice plants that causes brown leaf spots and significantly reduces yield. Control efforts commonly rely on synthetic fungicides, which may lead to pathogen resistance and environmental impacts. Sangitan leaves (*Sambucus javanica* R.) contain secondary metabolites such as flavonoids, saponins, tannins, alkaloids, and terpenoids that exhibit antifungal potential. This study aimed to synthesize silver nanoparticles (AgNPs) using methanolic leaf extract of *S. javanica*, characterize their physicochemical properties, and evaluate their antifungal activity against *Curvularia verruculosa*. Extraction was carried out using maceration, and the extract functioned as both a reducing and stabilizing agent in AgNP synthesis using AgNO₃. Characterization was performed using UV-Vis, Particle Size Analyzer, Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, dan Fourier Transform Infrared Spectroscopy. UV-Vis analysis showed an absorption peak at 413 nm, indicating AgNP formation. Main particle size of 512,4 nm, a PI of 0.4208, and a zeta potential of -28.51 mV. Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy analysis showed smooth silver nanoparticles surfaces with slight aggregation and detected elements C, O, K, Cl, P, and Ag. FTIR confirmed the presence of hydroxyl, carbonyl, and characteristic organic functional groups such as C–O, C–H, and C–N. Antifungal assays demonstrated that the AgNPs exhibited higher antifungal activity than the crude extract, producing an inhibition zone of 25.3 mm, while the MIC was achieved at a 2% concentration with a 10 mm inhibition zone.

Keywords: silver nanoparticles, *Sambucus javanica* R., *Curvularia verruculosa*, antifungal, green synthesis.

PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas pangan utama yang rentan terhadap serangan patogen, salah satunya yaitu *Curvularia verruculosa*. Jenis patogen

tersebut memberikan bercak coklat yang dapat mengakibatkan penurunan hasil panen padi. Upaya pengendalian yang dilakukan sebagian besar dilakukan melalui penggunaan pestisida kimia, yang dalam jangka panjang dapat menimbulkan resistensi

patogen dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih aman dan berkelanjutan (Ashraf dan Zahid, 2020).

Sebagai alternatif yang lebih aman, pestisida nabati menjadi solusi potensial karena mengandung senyawa bioaktif yang bersifat antimikroba. Menurut Dasopang (2017), daun sangitan (*Sambucus javanica* R.) mengandung berbagai metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antijamur. Namun, penelitian Bawa (2019) menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun sangitan hanya menghasilkan zona hambat 13 mm terhadap *Curvularia verruculosa*, yang masih belum maksimal karena berdasarkan Davis dan Stout (1971) nilai tersebut termasuk kategori kuat tetapi belum mencapai aktivitas sangat kuat yang berada pada zona hambat ≥ 21 mm. Temuan ini mengindikasikan bahwa potensi antijamur ekstrak daun sangitan masih belum optimal dan memerlukan pendekatan lain untuk meningkatkan aktivitas biologisnya.

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat dalam meningkatkan efektivitas senyawa alami adalah pemanfaatan teknologi nanopartikel. Nanopartikel perak, dengan ukuran <1000 nm, memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat tinggi, sehingga meningkatkan kemampuan partikel untuk berinteraksi dengan biomolekul target. Karakteristik ini tidak hanya memperkuat aktivitas kimia dan fisiknya, tetapi juga meningkatkan reaktivitas serta kemampuan dalam mengganggu struktur dan metabolisme patogen. Selain itu, pada skala nano, sifat optik, stabilitas, dan kemampuan penetrasi nanopartikel menjadi lebih unggul sehingga berkontribusi terhadap efektivitas antimikroba yang lebih kuat dibandingkan bentuk ekstrak konvensional.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak berbasis ekstrak metanol daun sangitan dan mengevaluasi aktivitas antijamurnya terhadap *Curvularia verruculosa*. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan potensi antijamur ekstrak daun sangitan tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan pestisida nabati yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah daun sangitan, serbuk perak nitrat (AgNO_3), aquades, metanol (CH_3OH), reagen mayer, serbuk magnesium (Mg), ammonia (NH_3), asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4), besi (III) klorida (FeCl_3), asam asetat

anhidrat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$), aluminium foil, tween 80, dan kloroform (CHCl_3).

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ini adalah seperangkat alat gelas, *vacuum rotary evaporator*, oven, batang pengaduk, magnetic stirrer, rak tabung reaksi, pipet tetes, grinder, gunting, neraca analitik, plat tets, ketas label, corong, kertas saring, sendok, botol vial, spektrofotometer UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA), dan *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX).

Prosedur Kerja

Pengelolaan Ekstrak Metanol Daun Sangitan

Daun sangitan (*Sambucus javanica* R.) yang diperoleh dari Desa Ciasihan, Kecamatan Pamijahan, Bogor, dicuci dengan air mengalir, dikeringkan pada suhu ruang, kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh untuk memperoleh serbuk homogen. Penentuan kadar air dilakukan dengan memanaskan 3 g serbuk dalam cawan porselin pada suhu 105°C selama 1 jam, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang, dengan prosedur diulang tiga kali (Kartini *et al.*, 2019). Selanjutnya, pembuatan ekstrak dilakukan melalui metode maserasi, yaitu merendam 500 g serbuk daun dalam 1.500 mL metanol 96% selama 24 jam sebanyak tiga kali. Filtrat yang diperoleh disaring dan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 50°C hingga terbentuk ekstrak kental.

Uji Fitokimia

Uji Alkaloid

Identifikasi senyawa alkaloid pada daun sangitan yaitu dengan menggunakan metode Mayer. Ekstrak daun sangitan (*Sambucus javanica* R.) sebanyak 1 mL ditambahkan 5 mL kloroform dan 3 mL ammonia, dimasukkan dalam tabung reaksi lalu dihomogenkan. Ke dalam campuran ditambahkan H_2SO_4 dan pereaksi Mayer sebanyak 1 mL. Hasil positif alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan putih (Nurjannah *et al.*, 2022).

Uji Saponin

Ekstrak daun sangitan sebanyak 1 mL dicampur dengan 5 mL air dalam tabung reaksi, kemudian dikocok kuat-kuat. Pembentukan busa yang stabil menunjukkan kehadiran saponin (Nurjannah *et al.*, 2022).

Uji Flavonoid

Ekstrak daun sangitan sebanyak 1 mL dicampur dengan beberapa keping magnesium kemudian ditambahkan 1-3 tetes HCl pekat. Warna merah muda yang muncul setelah beberapa menit menunjukkan kehadiran flavonoid (Nurjannah *et al.*, 2022).

Uji Tanin

Sebanyak 1 mL simplisia ekstrak metanol daun sangitan dituangkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan larutan FeCl_3 , 1 sampai 2 tetes, apabila berubah warna menjadi biru atau hijau-kehitaman, maka sampel dinyatakan positif mengandung tanin (Nurjannah *et al.*, 2022).

Uji Terpenoid dan Steroid

Ekstrak simplisia diambil sebanyak 0,5 gram lalu dilarutkan dengan 1 mL metanol, kemudian dipindahkan ke dalam plat tetes lalu ditambahkan 3 tetes asam asetat anhidrat dan 1 tetes HSO_4 pekat. Hasil berwarna merah atau ungu menunjukkan adanya triterpenoid sedangkan warna hijau atau biru menunjukkan adanya steroid (Nurjannah *et al.*, 2022).

Sintesis Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak disintesis dengan mencampurkan 80 mL larutan AgNO_3 1 mM dengan 20 mL ekstrak metanol daun sangitan pada variasi konsentrasi 20%; 40%; 60%; dan 80%. Terbentuknya NPAg ditandai oleh perubahan warna larutan menjadi kuning kecoklatan. Suspensi kemudian disimpan selama 24 jam, disentrifugasi pada 10.000 rpm selama 15 menit, dan endapannya dikeringkan pada suhu -20°C selama 24 jam. Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan panjang gelombang serapan NPAg, Particle Size Analyzer (PSA) untuk mengukur ukuran partikel dan potensial zeta, serta SEM-EDX untuk mengamati morfologi dan komposisi unsur. Analisis FTIR dilakukan pada rentang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel.

Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Daun Sangitan Denga Metode Sumur Difusi

Uji aktivitas antijamur dilakukan dengan metode sumur difusi pada media PDA yang telah diinokulasi dengan *Curvularia verruculosa* Sumur berdiameter 5 mm diisi dengan 20 μL suspensi NPAg 18% yang telah dilarutkan menggunakan Tween-80 10%, kemudian cawan diinkubasi selama 2–3 hari. Zona hambat yang terbentuk diukur untuk menentukan aktivitas antijamur. Penentuan konsentrasi hambat minimum (KHM) dilakukan dengan menguji NPAg pada konsentrasi 1–10%, dan diameter hambat diukur setiap hari untuk menentukan konsentrasi terendah yang mampu menghambat pertumbuhan jamur.

Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dengan Sumur Difusi

Variasi konsentrasi NPAg yang digunakan dalam penelitian yaitu 1%; 2%; 3%; 4%; 5%; 6%; 7%; 8%; 9%; dan 10%. Larutan uji yang dibuat, dilarutkan dengan tween 80 10%. Setiap konsentrasi NPAg diuji untuk melihat kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan jamur *Curvularia verruculosa* pada media PDA. Pengukuran diameter daya hambat dilakukan setiap hari untuk setiap konsentrasi yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Daun Sangitan

Daun sangitan yang diperoleh dari hasil penyiangan dicuci bersih dengan air mengalir untuk membersihkan kotoran yang menempel. Kemudian daun dipotong menjadi bagian kecil dan dikeringkan dengan suhu ruang. Pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air dalam sampel sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, seperti jamur dan bakteri, yang dapat merusak kualitas bahan. Daun yang telah kering dihaluskan sampai menjadi serbuk dengan blender dan di ayak dengan mesh 60 agar diperoleh ukuran partikel yang seragam, sehingga mempermudah proses ekstraksi dan meningkatkan efisiensi kontak antara pelarut dan sampel.

Penentuan Kadar Air Daun Sangitan

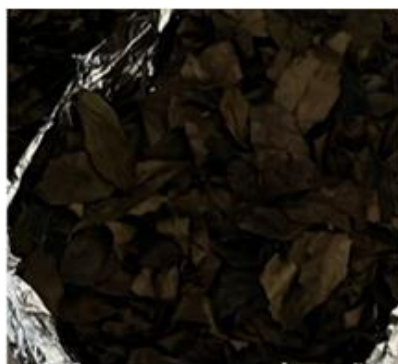
Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan air dalam bahan, karena kadar air tinggi dapat menurunkan mutu, mempercepat kerusakan, serta memicu pertumbuhan mikroorganisme. Pada penelitian ini, kadar air ditentukan menggunakan metode pengeringan (Thermogravimetri), yaitu penguapan air melalui pemanasan hingga terjadi penurunan massa. Selisih massa sebelum dan sesudah pemanasan digunakan untuk menghitung kadar air. Metode ini umum digunakan karena sederhana, akurat, dan mampu menggambarkan stabilitas bahan terhadap pemanasan. Hasil rata-rata pengukuran kadar air disajikan dalam Tabel 1. Menurut SNI (2016), batas kadar air simplisia $<10\%$. Hasil pengujian menunjukkan kadar air daun sangitan sebesar 5,73% sehingga memenuhi standar yang ditetapkan.

Tabel 1. Kadar Air Daun Sangitan

Pengulangan	% Kadar Air
I	6,25
II	5,56
III	5,38
Rata-Rata	5,73



a) Daun Sangitan Segar



b) Daun Sangitan Kering



c) Serbuk Daun Sangitan

Gambar 1. Proses Preparasi Daun Sangitan

Table 2. Hasil Ekstraksi Daun Sangitan

Berat Daun Segar (gram)	Berat Simplisia (gram)	Volume Pelarut Metanol (mL)	Volume Maserat (mL)	Berat Ekstrak (gram)	Rendemen Ekstrak (%)
1000	500	3000	2500	73,71	14,74

Ekstraksi Daun Sangitan

Ekstraksi dilakukan untuk memisahkan senyawa bioaktif dari simplisia, dan pada penelitian ini digunakan metode maserasi karena sesuai untuk senyawa termolabil. Proses dilakukan dengan merendam simplisia dalam metanol pada suhu kamar, sehingga pelarut menembus jaringan tumbuhan dan melarutkan senyawa melalui difusi. Metanol dipilih karena sifatnya yang polar dan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa target seperti flavonoid dan tanin. Hasil maserasi daun sangitan menghasilkan filtrat hijau kehitaman dengan rendemen 14,74% (73,71 g dari 500 g serbuk), setelah penguapan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$. Keberhasilan maserasi dipengaruhi oleh polaritas pelarut, suhu, waktu kontak, serta rasio pelarut terhadap bahan.

Uji Fitokimia

Uji fitokimia merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder dalam daun sangitan. Uji fitokimia dilakukan dengan pengujian warna menggunakan suatu pereaksi warna dan pemilihan pelarut. Hasil uji fitokimia ekstrak daun sangitan (*Sambucus javanica* R.) menunjukkan adanya kandungan metabolit sekunder berupa flavonoid, saponin, tanin, triterpenoid, dan steroid yang ditandai dengan reaksi positif terhadap masing-masing pereaksi, sedangkan senyawa alkaloid menunjukkan hasil negatif.

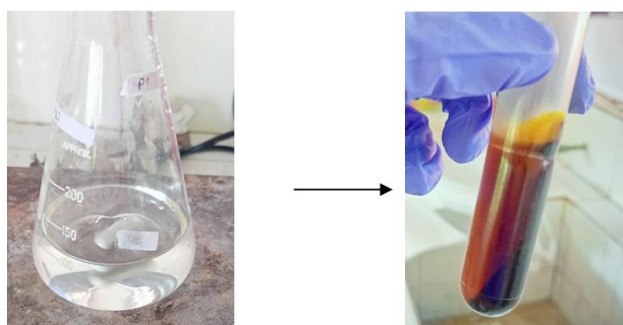
Tabel 3. Hasil Uji Fitokimia

Senyawa	Pereaksi	Keterangan
Alkaloid	Reagen mayer	(-)
Flavonoid	Serbuk Mg + HCl	(+)
Sapponin	Aquades	(+)
Tannin	FeCl ₃	(+)
Triterpenoid	Kloroform+Asam asetat anhidrat + H ₂ SO ₄ (didinginkan)	(+)
Steroid	Asam asetat anhidrida+ H ₂ SO ₄ (didinginkan)	(+)

Sintesis Nanopartikel Perak-Ekstrak Metanol Daun Sangitan

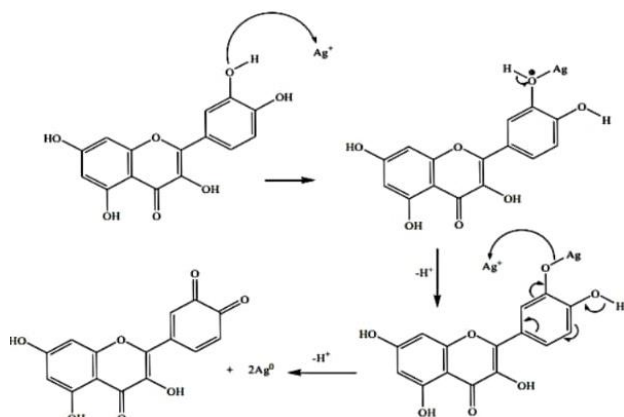
Sintesis nanopartikel perak dilakukan menggunakan metode green synthesis dengan memanfaatkan metabolit sekunder ekstrak daun sebagai agen pereduksi dan penstabil. Pada proses ini, pencampuran ekstrak dengan larutan AgNO₃ menyebabkan ion Ag⁺ tereduksi menjadi Ag⁰, kemudian beragregasi membentuk nanopartikel dan distabilkan oleh senyawa fitokimia. Proses sintesis ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi kuning kecoklatan hingga coklat kemerahan akibat fenomena surface plasmon resonance (SPR), yaitu fenomena optik yang terjadi ketika nanopartikel

logam mulia berinteraksi dengan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Pada kondisi ini, elektron-elektron bebas pada pita konduksi atom perak mengalami osilasi kolektif secara resonansi akibat pengaruh medan listrik dari gelombang elektromagnetik cahaya. Osilasi tersebut menghasilkan serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu sehingga menimbulkan warna khas nanopartikel perak, yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak (Wendri et al., 2017; Tamlarasi et al., 2019). Semakin intens warna yang terbentuk, semakin tinggi konsentrasi nanopartikel yang dihasilkan.



a) Sebelum nanopartikel b) Setelah nanopartikel terbentuk

Gambar 2. Perubahan Warna Nanopartikel Perak



Gambar 3. Pembentukan Nanopartikel Perak dengan Metabolit Sekunder

Untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap jumlah nanopartikel yang terbentuk, digunakan variasi konsentrasi sebesar 20%, 40%, 60%, dan 80%. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum yang menghasilkan rendemen nanopartikel tertinggi. Hasil perhitungan mengindikasikan bahwa kenaikan konsentrasi ekstrak dari 20% hingga 80% berbanding lurus dengan peningkatan massa serbuk nanopartikel yang diperoleh.

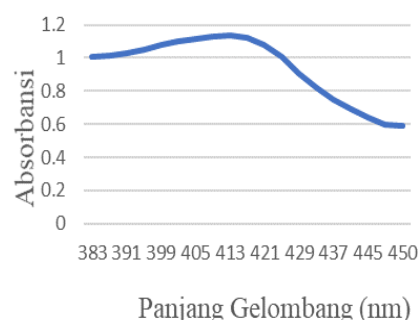
Tabel 4. Hasil Sintesis Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Ekstrak Metanol Daun Sangitan

Konsentrasi ekstrak	Massa ekstrak (g) di 20 mL	Massa produk (g)	Efisiensi = $\frac{\text{produk}}{\text{ekstrak}} \times 100\%$
20%	4,00	2,24	56,00%
40%	8,00	4,90	61,25%
60%	12,00	5,78	48,17%
80%	16,00	6,80	42,50%

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak berbanding lurus dengan tingginya rendemen nanopartikel yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak senyawa fitokimia yang tersedia, semakin besar kemampuan ekstrak dalam mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 sekaligus menstabilkan nanopartikel. Pada konsentrasi rendah (20–40%), jumlah metabolit sekunder masih terbatas sehingga proses reduksi berlangsung lambat dan nanopartikel yang terbentuk relatif sedikit. Sebaliknya, pada konsentrasi lebih tinggi (60–80%), kandungan senyawa bioaktif meningkat sehingga mempercepat pembentukan inti nanopartikel dan meningkatkan kestabilannya melalui interaksi gugus fungsi seperti $-\text{OH}$, dan $-\text{C}=\text{O}$. Temuan ini konsisten dengan laporan Wendri et al. (2017) dan Tamlarasi et al., (2019) yang menyatakan semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak pula nanopartikel yang terbentuk. Namun jika dilihat berdasarkan perhitungan rendemen, pada konsentrasi 40% menghasilkan rendemen tertinggi dan dianggap sebagai kondisi optimum.

Penentuan Panjang Gelombang

Karakterisasi nanopartikel perak yang telah disintesis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum yang dihasilkan.

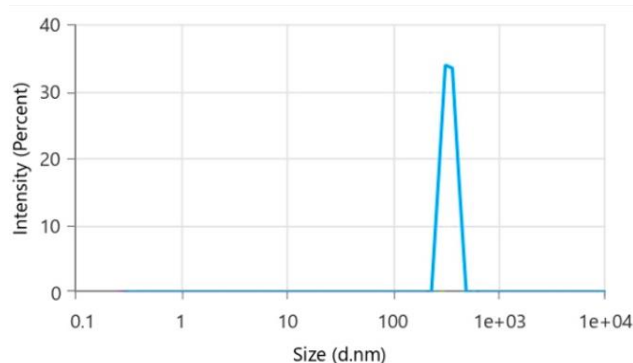


Gambar 4. Panjang gelombang maksimum AgNPs

Gambar 4 menunjukkan spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan puncak serapan maksimum pada 413 nm dan absorbansi 1,1351. Panjang gelombang ini berada dalam rentang 400–450 nm yang merupakan karakteristik surface plasmon resonance (SPR) dari AgNPs, sehingga mengonfirmasi keberhasilan sintesis. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Syahida dan Munir, (2025) yang menyatakan bahwa adanya dua puncak *surface plasmon resonance* (SPR) pada panjang gelombang 410 nm dan 425 nm, serta peningkatan nilai serapan pita SPR dalam kisaran 400–450 nm ini mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak. Nilai absorbansi yang tinggi menunjukkan jumlah nanopartikel yang terbentuk cukup banyak dan stabil, dengan senyawa metabolit sekunder berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil. Dengan demikian, nanopartikel perak yang diperoleh memiliki karakteristik λ_{maks} 413 nm dan masih berada dalam kisaran khas AgNPs.

Analisis Ukuran dan Potensial Zeta Nanopartikel Perak

Analisis ukuran partikel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui distribusi ukuran dan homogenitas partikel perak hasil sintesis. Metode PSA bekerja berdasarkan prinsip hamburan dinamis cahaya (*Dynamic Light Scattering*, DLS), di mana pergerakan partikel koloid akibat gerak *Brown* dianalisis untuk menentukan ukuran hidrodinamik partikel.



Gambar 5. Ukuran Partikel

Berdasarkan hasil pengukuran, sampel serbuk nanopartikel perak hasil sintesis dengan ekstrak daun sangitan memiliki nilai rata-rata hidrodinamik (*Z-Average*) sebesar 512,4 nm dan nilai *Polydispersity Index* (*PI*) sebesar 0,4208. Menurut Leersnyder *et al.*, (2020), sistem colloidal silver dikategorikan sebagai nanopartikel apabila ukuran partikelnya berada dalam rentang 1–1000 nm dan masih menunjukkan sifat khas material nanoskopik, seperti peningkatan luas permukaan dan perubahan

sifat fisik–kimia dibanding bentuk bulk. Berdasarkan hasil PSA pada penelitian ini, ukuran partikel perak yang terbentuk masih berada dalam rentang tersebut, sehingga dapat dinyatakan bahwa sintesis menggunakan ekstrak daun sangitan berhasil menghasilkan nanopartikel perak.

Tabel 5. Nilai Potensial Zeta dan Ukuran Partikel Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Sangitan

Size (nm)	Potensial Zeta (mV)	Polydispersity Index (PI)	Area (%)
514,2	-28,51	0,4208	100

Nilai PI sebesar 0,4208 menunjukkan bahwa dispersi nanopartikel yang dihasilkan memiliki sebaran ukuran partikel yang baik dan relatif homogen (Lampiran 16). Hal ini sejalan dengan kriteria yang dikemukakan oleh Danaei *et al.*, (2018), bahwa nilai $PI < 0,5$ dikategorikan sebagai *moderately monodisperse* dan mengindikasikan sistem koloid dengan distribusi ukuran yang sempit serta stabilitas fisik yang memadai. Stabilitas ukuran ini menunjukkan bahwa senyawa bioaktif dalam ekstrak daun sangitan berfungsi secara efektif sebagai agen pereduksi sekaligus agen penstabil (*capping agent*), sehingga mampu mengendalikan pertumbuhan inti partikel, mencegah penggumpalan, dan mempertahankan kestabilan nanopartikel selama proses sintesis.

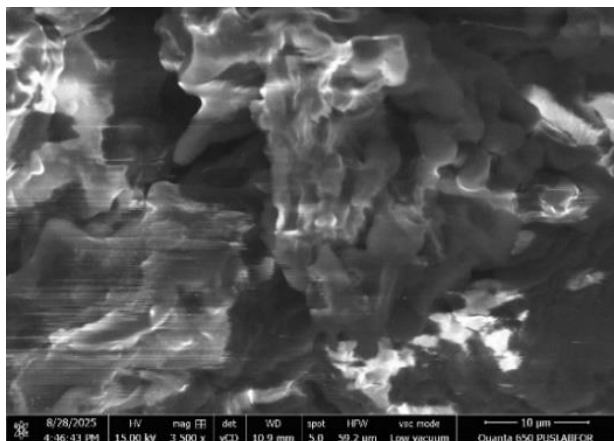
Nilai zeta potential sebesar $-28,51$ mV menunjukkan bahwa nanopartikel perak hasil sintesis memiliki stabilitas dispersi yang baik, yang ditandai oleh adanya gaya tolak elektrostatis antarpartikel yang cukup kuat untuk mencegah terjadinya koagulasi. Berdasarkan kriteria Bhattacharjee (2016), nanopartikel dengan nilai potensial zeta lebih besar dari ± 25 mV dikategorikan stabil secara elektrostatis. Dengan demikian, kombinasi ukuran partikel 512,4 nm dan nilai zeta potential $-28,51$ mV mengindikasikan bahwa sintesis nanopartikel perak melalui metode green synthesis menghasilkan AgNPs yang relatif stabil.

Karakterisasi dengan Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) digunakan untuk menganalisis morfologi nanopartikel yang telah disintesis.

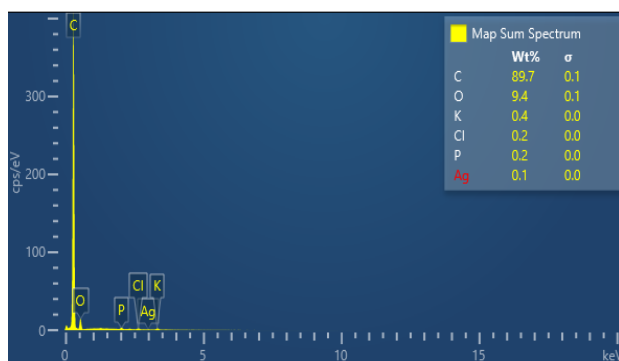
Hasil SEM pada pembesaran $3500\times$ menunjukkan morfologi nanopartikel perak (AgNPs) yang disintesis dengan ekstrak daun sangitan memiliki bentuk tidak beraturan dan

cenderung beragregasi. Citra memperlihatkan area gelap yang menunjukkan keberadaan lapisan organik dari metabolit sekunder, sedangkan area terang (*bright spots*) merepresentasikan partikel perak dengan densitas atom tinggi (Goldstein *et al.*, 2018).



Gambar 6. SEM Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Sangitan (Perbesaran 3500 $\times$)

Morfologi ini sejalan dengan karakteristik *green synthesis*, di mana senyawa seperti flavonoid, fenolik, terpenoid, dan tanin berperan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil. Adanya lapisan biomolekul yang melapisi partikel menunjukkan keterlibatan senyawa fitokimia dalam proses reduksi Ag^+ menjadi Ag^0 serta pembentukan *capping layer* yang menjaga kestabilan partikel. Agregasi kecil yang tampak diduga terjadi akibat ketidakteraturan distribusi lapisan organik, yang merupakan fenomena umum pada nanopartikel berbasis sintesis biologis (Kuppusamy *et al.*, 2016).



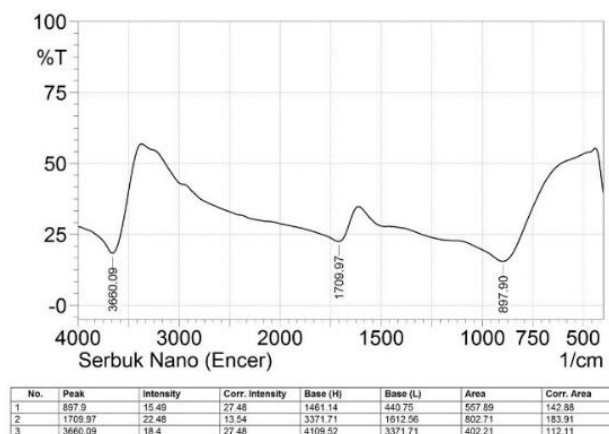
Gambar 7. Hasil Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)

Analisis *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) dilakukan untuk mengidentifikasi unsur-unsur penyusun pada sampel yang sama. Hasil analisis memperlihatkan keberadaan beberapa unsur kimia, yaitu karbon (C), oksigen (O), kalium (K),

klorin (Cl), fosfor (P), dan perak (Ag). Unsur yang paling dominan terdeteksi adalah karbon sebesar 89,7% dan oksigen sebesar 9,4%. Kandungan C dan O yang tinggi menunjukkan bahwa komponen utama sampel berasal dari senyawa organik yang terdapat dalam ekstrak daun sangitan. Senyawa-senyawa tersebut seperti flavonoid, terpenoid, dan tanin diketahui berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil (*capping agent*) dalam proses biosintesis nanopartikel perak.

Karakterisasi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Karakterisasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi ion perak (Ag^+) menjadi nanopartikel perak (Ag^0), serta gugus yang bertindak sebagai penstabil (*capping agent*) pada nanopartikel.



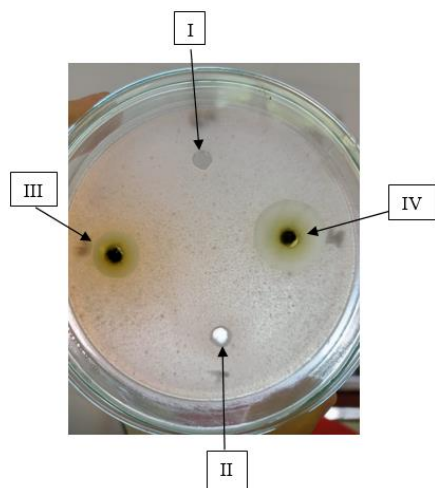
Gambar 8. Spektra FTIR Hasil Sintesis

Spektrum FTIR nanopartikel perak (AgNPs) hasil sintesis menggunakan ekstrak daun sangitan menunjukkan tiga puncak utama pada 3660.90 cm^{-1} , 1709.97 cm^{-1} , dan 897.90 cm^{-1} . Serapan pada 3660.90 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus -OH dari senyawa fenolik atau alkohol yang menandakan keberadaan biomolekul yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel sebagaimana dijelaskan oleh Dai *et al.*, (2023) yang menyatakan Pita stretching gugus hidroksil (O-H) yang tidak berikatan hidrogen muncul antara sekitar $3700\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ pada spektrum FTIR, yang sesuai dengan gugus O-H bebas seperti alkohol atau fenol. Puncak pada 1709.97 cm^{-1} menunjukkan getaran gugus karbonil (C=O), yang umum ditemukan pada flavonoid dan asam organik yang berfungsi sebagai agen pereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 . Sementara itu, puncak 897.90 cm^{-1} berada pada daerah sidik jari, mencerminkan keberadaan ikatan organik kompleks yang menutupi permukaan nanopartikel sebagai

capping agent (Naidu *et al.*, 2019). Secara keseluruhan, pola serapan ini menegaskan bahwa proses pembentukan AgNPs berlangsung melalui mekanisme bioreduksi oleh senyawa fitokimia ekstrak daun sangitan, dengan biomolekul tersebut juga berperan dalam stabilisasi nanopartikel.

Uji Aktivitas Antijamur Nanopartikel Ekstrak Metanol Daun Sangitan

Uji aktivitas antijamur dilakukan menggunakan metode sumur difusi terhadap jamur *Curvularia verruculosa*. Aktivitas penghambatan diamati melalui terbentuknya zona bening di sekitar sumur sebagai indikator kemampuan antijamur. Sampel yang diuji terdiri dari ekstrak daun sangitan dan nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun sangitan, masing-masing pada konsentrasi 18%. Kontrol negatif berupa larutan perak nitrat dan Tween-80 tidak menunjukkan zona hambat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak daun sangitan menghasilkan diameter zona hambat sebesar 15 mm, sedangkan nanopartikel perak-ekstrak daun sangitan menghasilkan zona hambat lebih besar, yaitu 25,3 mm. Berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971), nilai tersebut termasuk kategori daya hambat sangat kuat (>21 mm), sementara ekstrak murni berada pada kategori kuat (11–20 mm). Hal ini menunjukkan bahwa transformasi ekstrak daun sangitan menjadi nanopartikel perak mampu meningkatkan aktivitas antijamur secara signifikan, kemungkinan akibat peningkatan luas permukaan kontak dan kemampuan penetrasi nanopartikel terhadap sel jamur.



Gambar 9. Hasil Uji Aktivitas Antijamur

Keterangan:

- I = Larutan AgNO₃ (kontrol negatif)
- II = Larutan tween 80 10% (kontrol negatif)
- III = Larutan ekstrak 18%
- IV = Larutan nanopartikel perak ekstrak daun sangitan 18%

Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dengan Metode Sumur Difusi

Uji konsentrasi hambat minimum (KHM) bertujuan untuk mengetahui konsentrasi terendah dari nanopartikel perak-ekstrak metanol daun sangitan yang masih mampu menghambat pertumbuhan jamur *Curvularia verruculosa*. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode difusi, seperti pada uji aktivitas antijamur, di mana zona bening yang terbentuk di sekitar sumur mencerminkan efektivitas antijamur dari masing-masing konsentrasi.

Tabel 6. Hasil Pengujian Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Dengan Metode Sumur Difusi

Konsentrasi (%)	Ulangan 1 (mm)	Ulangan 2 (mm)	Ulangan 3 (mm)
1	0	0	0
2	10.2	10	10.1
3	12.3	10	10
4	12.5	11.1	10.1
5	12.9	10.2	10
6	13	13.1	12.9
7	13.1	13.2	13
8	15.1	12.1	12
9	19.5	17	10
10	20.3	20	20.1

Hasil pengujian aktivitas antijamur pada berbagai konsentrasi (Tabel 6) menunjukkan pola peningkatan zona hambat seiring meningkatnya konsentrasi NPAg-ekstrak daun sangitan terhadap *Curvularia verruculosa*. Pada konsentrasi 1% belum terbentuk zona hambat, menandakan bahwa jumlah nanopartikel maupun senyawa aktif belum mencukupi untuk memberikan efek penghambatan. Aktivitas mulai terdeteksi pada konsentrasi 2% dengan zona hambat 10,2 mm, dan terus meningkat hingga mencapai 20,3 mm pada konsentrasi 10%, yang dikategorikan sebagai daya hambat kuat menurut Davis dan Stout (1971). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nanopartikel perak yang dikombinasikan dengan senyawa bioaktif dari ekstrak daun sangitan, semakin besar pula kemampuan sistem tersebut dalam menghambat pertumbuhan jamur. Hal ini didukung penelitian Wen *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi AgNPs yang diaplikasikan, semakin nyata pula penghambatan terhadap pertumbuhan dan virulensi jamur tersebut.

Peningkatan daya hambat ini berkaitan dengan karakteristik nanopartikel yang memiliki ukuran lebih kecil dan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan ekstrak dalam bentuk konvensional. Senyawa fitokimia seperti flavonoid, tanin, dan alkaloid yang berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil mampu menghasilkan nanopartikel yang lebih mudah berinteraksi dengan membran sel jamur. Ukuran partikel yang lebih kecil juga memungkinkan difusi lebih efisien ke dalam medium agar, sehingga memperluas wilayah hambatan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, nanopartikel perak berhasil disintesis melalui interaksi ion Ag^+ dengan senyawa fitokimia ekstrak daun sangitan yang berperan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil, ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi coklat kekuningan. Karakterisasi menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak yang stabil, dengan puncak serapan UV-Vis pada 413 nm serta gugus $-\text{OH}$ dan $\text{C}=\text{O}$ pada spektra FTIR yang berasal dari komponen bioaktif ekstrak. Analisis ukuran partikel juga mengonfirmasi bahwa nanopartikel yang dihasilkan berada dalam skala nanometer dengan morfologi relatif seragam. Selain itu, nanopartikel perak-ekstrak daun sangitan menunjukkan aktivitas antijamur yang lebih tinggi terhadap *Curvularia verruculosa*, menghasilkan zona hambat 25,3 mm yang termasuk kategori sangat kuat, dibandingkan ekstrak murni yang hanya menghasilkan zona hambat 15 mm, sehingga membuktikan bahwa pembentukan nanopartikel mampu meningkatkan efektivitas penghambatan melalui peningkatan luas permukaan dan reaktivitas senyawa aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M. A., & Zahid, S. 2020. *Curvularia sp.* and its Impact on Rice Crops: A Review. *Asian Journal of Plant Pathology*, 14(3): 122-129.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. 2016. *Methods for In Vitro Evaluating Antimicrobial Activity*. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2): 71–79.
- Bandyopadhyay, S. 2008. *Nanoparticles: Applications in Biological and Biomedical Sciences*. Springer. New York.
- Bawa, I. G. A. G. 2019. Senyawa Aktif dan Aktivitas Fungisida Ekstrak Kulit Kayu Cempaka Putih (*Miche lia alba*) Terhadap Jamur *Curvularia verruculosa* Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Disertasi*. Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Bali.
- Bawa, I. G. A. G., & Bogoriani, N. W. 2021. Antifungal Activity of the Bark Extract of *Miche lia Alba* against *Curvularia verruculosa* Fungal the Cause of Leaf Spot Disease on Rice. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 14(3): 1655-1659.
- Bawa, I. G. A. G. 2021. Eksplorasi Ekstrak Tumbuhan Yang Menunjukkan Aktivitas Antijamur Terhadap Jamur *Curvularia verruculosa* Penyebab Penyakit Bercak Daun Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Kimia*, 15(1): 8-11.
- Bhattacharjee, S. 2016. *DLS and zeta potential – What they are and what they are not*. *Journal of Controlled Release*, 235: 337–351.
- Burdunuc, O., Bostanaru, A.-C., Mares, M., Biliuta, G., & Coseri, S. 2021. *Synthesis, Characterization, and Antifungal Activity of Silver Nanoparticles Embedded in Pullulan Matrices*. *Materials*, 14(22): 7041-
- Dai, F., Zhuang, Q., Huang, G., Deng, H., & Zhang, X. 2023. Infrared Spectrum Characteristics and Quantification of OH Groups in Coal. *ACS Omega*, 8(19): 17064–17076.
- Davis, W. W. & Stout, T. R. 1971. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Applied Microbiology*, 22(4): 659-665 & 666-670.
- Dirjen POM. 2000. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat Cetakan Pertama*. Depkes RI. Jakarta.
- Djumidar, A., Rahman, R., Ridhay, A., Sumarni, K., Samsudin., Nurhaeni., Erwin, A. 2022. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Tumbuhan johan (*Senna siamea Lam*) pada Berbagai Polaritas Pelarut. *Jurnal Riset Kimia*, 8(2): 184-195.
- Feldheim, D. L., & Foss, C. A. 2002. *Metal Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Applications*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Fitriani, I., Suryani, D., & Rahmawati, N. 2023. Pengaruh ekstrak daun sangitan terhadap penghambatan pertumbuhan *Curvularia verruculosa* pada tanaman padi. *Jurnal Pertanian Tropis*, 18(1): 112-119.

- Gandjar, Indrawati., Wellyzar, S., dan Ariyanti Oetari. 2006. *Mikologi dasar dan terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Goldstein, Joseph I., Dale E. Newbury., Joseph R. Michael., Nicholas W. M. Ritchie., John Henry J. Scott., David C. Joy. 2018. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, 4th Edition*. Springer.
- Hostettmann, K., & Marston, A. (2005). *Saponins*. Cambridge University Press.
- Handayani, Eli & Daulay, A. 2022. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Sangitan (*Sambucus javanica Reinw. Ex Blume*) Dengan Metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazil). *Jurnal of Health and Medical Science*, 1(1): 45-54.
- Harborne, J.B. 1984. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Springer Science & Business Media. New York.
- Harborne, J. B. 1998. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Springer. New York.
- Herman, M. 1999. Effects of Particle Size in Catalysis: A Focus on Nanostructures. *Journal of Catalysis Research*, 14(3): 195-205.
- Ibrahim, L., & Siluhu, S. 2022. Dampak pestisida kimia terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat: Tinjauan literatur. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 15(2): 120-134.
- Julianto, T. S. 2019. *Fitokimia: Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kartini, K., Jayani, N.I.E., Octavianti, N.D., Krisnawan, A.H., and Avanti, C. 2019. Standardization of Some Indonesian Medicinal Plants Used in "Scientific Jamu". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 391: 1-8.
- Kuppusamy, P., Yusoff, M. M., Maniam, G. P., & Govindan, N. 2016. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 24(4): 473-484.
- Lara, H. H., D. G. Romero-Urbina, C. Pierce, J. L. Lopez-Ribot, M. J. ArellanoJiménez., & M. Jose-Yacamán. 2015. Effect of silver nanoparticles on *Candida albicans* biofilms: an ultrastructural study. *Journal of Nanobiotechnology*, 13(1): 91.
- Leersnyder, De Ilse., Hanner, R., Leen, De Gelder., Isabel, Van Driessche., and Pieter, Vermeir. 2020. High Variability in Silver Particle Characteristics, Silver Concentrations, and Production Batches of Commercially Available Products Indicates the Need for a More Rigorous Approach. *Nanomaterials*, 10(7): 1394.
- Naidu, K.S.B., Murugan, N., and Sershen. 2019. Physico-Chemical and Antibacterial Properties of Gold Nanoparticles Synthesized Using Avicennia Marina Seeds Extract. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 75: 33-39.
- Nooteboom, H. P. 1994. *Flora Malesiana Moraceae - Ficus*. Nationaal Herbarium Nederland. Leiden.
- Nurjannah, I., Baiq, A. A. M., dan Novia, S. 2022. Skrining Fitokimia dan Uji Antibakteri Ekstrak Kombinasi Daun Jeruk Purto (*Citrus hystrix*) dan Kelor (*Moringa oliefera L.*) Sebagai Zat Aktif Pada Sabun Antibakteri. *Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia*, 4(1): 23-36.
- Oktavia, I., & Suতো, S. 2021. Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *Journal of Chemistry*, 10(1): 37-54.
- Pasieczna-Patkowska, S., Cichy, M., Flieger, J. 2025. *Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy in the Characterization of Green-Synthesized Metal Nanoparticles*. *Molecules*, 30(3): 684.
- Patabang, I., Kasim, S., dan Taba, P. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kluwak (*Pangium edule Reinw*) Sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 10(1): 42-50.
- Pratiwi, S. H. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. EGC. Jakarta.
- Pełczar, M. J., & Chan, E. C. S. 1988. *Microbiology: Concepts and applications*. McGraw-Hill. New York.
- Purnomo, S. P., Rupiasih, N. Y., dan Sumadiyah, M. 2017. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Biologi menggunakan Ekstrak Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata Nees*). *Buletin Fisika*, 18 (1): 6-11.
- Suaniti, N. M., Saraswati, A. A. S. D., dan Putra, A. A. B. 2022. Analisis Kafein dalam Kopi Arabika (*Coffea Arabica L.*) Pada Berbagai Suhu Penyangraian dengan Metode

- Spektrofotometri UV-Vis dan GC-MS. *Jurnal Kimia*, 16(1): 115-121
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, Edisi kelima*. Media Pustaka. Jakarta.
- Syahida, I. H., Munir, A. 2025. Review Artikel: Karakterisasi Dan Uji Efektivitas Antikanker Nanopartikel Emas (AuNPs) Dan Nanopartikel Perak (AgNPs) Dengan Ekstrak Kunyit (*Curcuma* spp.) Sebagai Bioreduktor. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 8(4): 2835-2841.
- Tamilarasi, P., & Meena, P. 2020. *Green synthesis of silver nanoparticles (Ag NPs) using Gomphrena globosa (Globe amaranth) leaf extract and their characterization. Materials Today: Proceedings*.
- Wen, H., Shi, H., Jiang, N., Qiu, J., Lin, F., & Kou, Y. 2023. *Antifungal mechanisms of silver nanoparticles on mycotoxin producing rice false smut fungus. Science*, 26(1): 105763.
- Wendri, N., Rupiasih, N. N., & Sumadiyasa, M. 2017. *Biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun Sambiloto: Optimasi proses dan karakterisasi. Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(4): 162-166.