



Optimasi Konsentrasi Perak Nitrat dalam Sintesis Nanopartikel Perak Berbasis Ekstrak Daun Jarak Pagar untuk Aplikasi Antibakteri dalam Teknologi Nano

Nadia Osama^a, Pina Budiarti Pratiwi^{b*}, Dikki Miswanda^b

^aProgram Studi Farmasi, Farmasi, Universitas Muslim Nusantara Al-Washliyah, Jl. Garu II A No.93, Harjosari I, Medan Amplas, Medan, Sumatera Utara 20147, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Rekayasa Kimia Industri, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

* Penulis korespondensi: pinabudiarti@polmed.ac.id (P.B Pratiwi) Tel.: +62896-9958-0558

Sorotan

- Ekstrak daun jarak pagar berfungsi sebagai bioreduktor
- Konsentrasi larutan perak mempengaruhi ukuran nanopartikel
- Nanopartikel perak dari ekstrak daun jarak pagar memiliki aktivitas antibakteri

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 26 Maret 2025
Direvisi pada 11 April 2025
Disetujui pada 05 Mei 2025
Tersedia daring pada 09 Mei 2025

Kata kunci:

Jatropha curcas L, nanopartikel perak; aktivitas antibakteri;

Keywords:

Jatropha curcas L, silver nanoparticles; antibacterial activity;

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang sintesis nanopartikel perak secara *green synthesis* melalui penggunaan ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai reduktor dan larutan perak nitrat (AgNO_3) sebagai prekursor dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, dan 4 mM. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menilai pengaruh variasi konsentrasi perak nitrat (AgNO_3) terhadap ukuran nanopartikel dan aktivitas antibakterinya. Karakterisasi nanopartikel dilakukan melalui spektroskopi UV-Vis untuk memahami sifat kimia dan Particle Size Analyzer (PSA) untuk mengukur ukuran partikel. Pengukuran UV-Vis menunjukkan bahwa puncak serapan nanopartikel perak berada pada kisaran panjang gelombang 423–435 nm. Pengukuran ukuran partikel yang diuji dengan PSA mengungkapkan bahwa ukuran partikel perak yang terbentuk berkisar antara 169–2949 nm, ukuran paling stabil diperoleh pada konsentrasi AgNO_3 sebesar 1 mM. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram Kirby-Bauer terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasilnya menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO_3 1 mM memberikan zona hambat yang paling jelas dan stabil.

ABSTRACT

This study focuses on the green synthesis of silver nanoparticles using physicochemical methods, where *Jatropha curcas* L. leaf extract serves as a natural reducing agent and silver nitrate (AgNO_3) is used as the precursor. The synthesis was conducted using varying AgNO_3 concentrations of 1, 2, 3, and 4 mM. The primary objective of this research is to evaluate the effect of silver nitrate concentration on particle size and antibacterial activity. Characterization of the synthesized nanoparticles was carried out using UV-Visible spec-

troscopy to identify chemical properties and Particle Size Analyzer (PSA) to determine particle size distribution. UV-Vis results showed absorption peaks in the range of 423–435 nm, indicating the formation of silver nanoparticles. PSA measurements revealed particle sizes ranging from 169 to 2949 nm, with the most stable and smallest size achieved at 1 mM AgNO₃ concentration. Antibacterial activity was tested against Staphylococcus aureus using the Kirby-Bauer disk diffusion method. The results demonstrated that nanoparticles synthesized with 1 mM AgNO₃ exhibited the most distinct and consistent inhibition zone, highlighting its potential as an effective antimicrobial agent.

1. Pendahuluan

Negara Indonesia dengan jumlah penduduk lebih dari 258,8 juta jiwa, memiliki kurang lebih 30.000 spesies tumbuhan dan 940 spesies di antaranya termasuk tumbuhan berkhasiat yang memiliki potensi pasar obat herbal dan fitofarmaka [1]. Pengembangan dan pemanfaatan tanaman di bidang farmasi telah berlangsung ribuan tahun yang lalu dan telah dimanfaatkan dalam bentuk obat herbal atau ekstrak tanaman. Produk herbal sering digunakan di Indonesia karena mudah ditemukan oleh masyarakat, dan setiap daerah memiliki tanaman khas yang memiliki kemampuan menyembuhkan berbagai penyakit [2]. Tanaman obat bisa dimanfaatkan dalam berbagai bentuk, seperti dikonsumsi langsung oleh rumah tangga untuk bumbu dapur, bahan baku makanan dan minuman, obat tradisional dan kosmetik. Namun, sediaan herbal yang telah diubah menjadi obat-obatan memiliki kelemahan, sehingga jarang digunakan. Pemecahan masalah yang terjadi pada sediaan herbal dapat dilakukan dengan merumuskan sediaan tersebut menjadi sediaan nanopartikel. Penggunaan tanaman obat dalam bentuk nanopartikel dapat mengatasi kelemahan sediaan herbal tradisional, seperti bioavailabilitas rendah dan stabilitas yang terbatas [3].

Logam yang menarik digunakan dalam sintesis nanopartikel salah satunya adalah perak (Ag). Penerapan nanopartikel perak banyak digunakan pada bidang kedokteran berupa agen terapeutik, sensor glycano pada diagnosis penyakit, terapi radiasi, sebagai sensor ion logam berat, dan sebagai katalis pada pengurangan warna seperti metilen biru [4]. Produk-produk medik yang mengaplikasikan nanopartikel perak sebagai antimikroba sangat berkembang pesat pada saat ini. Nanopartikel perak yang sudah disintesis dapat menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap berbagai jenis bakteri, meliputi *B.cereus*, *B.pumilis*, *B.subtilis*, *B.linens*, *C.freundii*, *E.aerogenes*, *E.faecium*, *E.cacticida*, *E.coli*, *K.pneumonia*, *K.planticola*, *L.monocytogenes*, *MRSA*, *M.luteus*, *PP.acnes*, *PP.vulgaris*, *PP.putida*, *PP.aeruginosa*, *S.enterica*, *S.typhi*, *S.typhimurium*, *S.aureus*, *S.epidermidis*, *S.marcescens*, *S.pyogenes*, *V.cholerae* [5].

Metode yang dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel ada tiga yaitu kimia, fisika, dan pendekatan biologi. Pada metode kimia, penggunaan bahan kimia beracun dan pelarut organik tertentu dapat menyisakan limbah berbahaya yang bisa berdampak negatif terhadap lingkungan

dan kesehatan manusia bagi kehidupan. Metode fisika seperti ablasi laser pun juga dapat menjadi masalah karena konsumsi energi yang tinggi [5]. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah metode yang ramah lingkungan, sehingga metode pendekatan biologi baik dari ekstrak tanaman atau dari limbah hewan menjadi salah satu alternatif sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan, murah, dan efisien.

Green synthesis nanopartikel merupakan sintesis dengan pendekatan biologi. Dalam metode ini, nanopartikel perak dibuat dengan memanfaatkan bahan alami sebagai reduktor alami. Bahan tersebut mengandung senyawa seperti antioksidan atau poliol yang dapat mereduksi ion perak. Bahan biologis yang dapat digunakan antara lain adalah tumbuhan, mikroorganisme dan enzim yang bertujuan agar produk yang dihasilkan lebih aman dan ramah lingkungan dan dapat digunakan di dalam berbagai bidang kesehatan dan biomedis [6]. Selain lebih ramah lingkungan, *green synthesis* juga memiliki keuntungan lain, seperti lebih hemat energi dan biaya. Prosesnya dilakukan pada suhu dan tekanan rendah, sehingga energi yang digunakan jauh lebih sedikit. Selain itu, karena memanfaatkan bahan alami sebagai pereduksi dan penstabil, biaya produksi pun dapat ditekan dan menjadikan metode ini sebagai pilihan yang lebih ekonomis.

Salah satu jenis nanopartikel yang dapat diperoleh melalui metode *green synthesis* adalah nanopartikel perak. Proses ini biasanya menggunakan larutan perak nitrat (AgNO_3) sebagai prekursor dan ekstrak tanaman sebagai agen pereduksi. Perak nitrat dipilih karena memiliki stabilitas tinggi terhadap cahaya dan larut dengan baik dalam berbagai pelarut, termasuk air. Ekstrak tanaman yang digunakan dalam proses ini adalah tanaman yang mengandung senyawa dengan metabolit sekunder [7]. Beberapa tanaman yang berpotensi dalam biosintesis nanopartikel perak antara lain daun jambu batu, belimbing wuluh, gambir, daun salam, serta daun sambiloto.

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) adalah tanaman yang digunakan sebagai obat tradisional, seperti biji jarak yang sering digunakan untuk minyak lampu, bungkil biji dapat dijadikan pakan ternak, kulit bijinya dapat diproses menjadi biogas, getah batang dapat digunakan untuk penyembuh luka dan bagian daun nya digunakan sebagai antiseptik [8]. Pada tumbuhan jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) terdapat kandungan senyawa yang berpotensi sebagai reduktor dalam pembuatan nanopartikel perak. Sementara itu, penelitian atau informasi mengenai nanopartikel perak dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) juga masih sedikit yang meneliti tentang aktivitas antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak daun jarak pagar sebagai bioreduktor dan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi AgNO_3 terhadap ukuran nanopartikel serta uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan larutan nanopartikel perak pada variasi konsentrasi perak nitrat 4, 3, 2, dan 1 mM menggunakan metode Kirby-Bauer.

2. Metode

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass (pyrex®), gelas ukur (pyrex®), labu ukur (pyrex®), spatula, blender, pipet, labu tentukur (pyrex®), erlenmeyer (pyrex®), ball pipet, batang pengaduk, corong (pyrex®), timbangan analitik, magnetik stirer (IKA), hot plate, cawan petri, jarum ose, kapas, pipet mikro, pinset, bunsen, gunting, jangka sorong, spektrofotometer Uv-Vis (shimadzu), Particle Size Analyzer (PSA) (Fritsch), inkubator, dan autoklaf.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk daun Jarak Pagar, aquabides, AgNO₃, Mueller Hinton Agar (MHA), NaCl 9%, suspensi bakteri *Staphylococcus aureus*, vial, kertas perkamen, kertas saring whatmann No.42, aluminium foil, kertas label, tisu, dan kertas cakram.

2.2 Ekstraksi Sampel

Daun jarak pagar yang telah dikumpulkan, dicuci bersih dengan air mengalir, lalu daun jarak pagar dipotong tipis-tipis lalu ditimbang berat basah, kemudian dikeringkan didalam lemari pengering dengan suhu 40-50°C. Sampel dianggap kering bila diremas rapuh dan hancur, lalu ditimbang berat kering, kemudian diserbukkan dengan menggunakan blender lalu disimpan didalam wadah kering dan terlindung dari cahaya matahari. 5 gram daun yang sudah dikeringkan ditambahkan 100 mL aquabides lalu dipanaskan pada suhu 50°C selama 15 menit kemudian didinginkan. Apabila sudah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring menggunakan kertas saring Whatman No.42. Air rebusannya dapat digunakan langsung untuk proses sintesis nanopartikel perak [6].

2.3 Pembuatan Larutan AgNO₃

Sebanyak 0,085 gram serbuk AgNO₃ dilarutkan ke dalam aquabides sampai volume 250 mL kemudian dicampurkan sampai homogen untuk membuat larutan AgNO₃ 4 mM. Selanjutnya dipipet sebanyak 37,5; 25; dan 12,5 mL dari larutan AgNO₃ 4 mM ke dalam labu ukur 50 mL digojrok lalu ditambahkan aquabides hingga tanda batas untuk membuat konsentrasi AgNO₃ 3; 2; dan 1 mM [6].

2.4 Sintesis Nanopartikel Perak

Proses ini dilakukan dengan pencampuran larutan AgNO₃ variasi konsentrasi 4, 3, 2, dan 1 mM yang dipipet sebanyak 40 mL dan masing-masing larutan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, kemudian 1 mL ekstrak daun jarak pagar ditambahkan ke dalam erlenmeyer hingga berwarna kuning keruh. Campuran diaduk dengan pengaduk magnetik stirer selama 15 menit dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 50°C dan berubah warna menjadi kuning kecoklatan, kemudian didinginkan dan dimasukkan ke dalam botol vial. Sampel kemudian diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400–500 nm setelah

pencampuran pada waktu 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 hari. Setelah nanopartikel terbentuk, ekstrak larutan konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM tersebut dianalisis dengan PSA.

2.5 Uji Aktivitas Antibakteri

Bakteri uji *Staphylococcus aureus* disuspensikan dalam NaCl 0,9% kemudian diinokulasikan secara merata di atas lempeng MHA, kemudian kertas cakram yang telah berisi 10 μ L dari masing-masing konsentrasi sediaan uji ditempatkan di atas lempeng MHA pada cawan pertama, serta kontrol positif dan kontrol negatif pada cawan kedua. Kontrol positif untuk bakteri *Staphylococcus aureus* digunakan kertas cakram kloramfenikol dan kontrol negatif digunakan kertas cakram yang direndam dalam aquabides selama ± 2 jam. Selanjutnya media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona hambat yang terbentuk diukur dengan menggunakan jangka sorong. Prosedur diulang sebanyak 3 kali pengulangan di atas media MHA.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Perak

Daun jarak pagar diambil dari Kecamatan Medan Amplas Kota Medan Provinsi Sumatera Utara. Proses ekstraksi 5 g sampel menggunakan aquabides diperoleh ekstrak larutan daun jarak pagar berupa larutan berwarna kuning kecoklatan setelah dilakukan 2 kali penyaringan. Pada proses sintesis nanopartikel perak dengan mencampurkan ekstrak daun jarak pagar sebanyak 1 mL dan larutan AgNO₃ sebanyak 40 mL pada setiap variasi konsentrasi sehingga diperoleh larutan berwarna kuning cerah. Awalnya larutan berwarna kuning cerah dan perlahan warnanya berubah semakin pekat hingga kecoklatan setelah di homogenkan pada suhu 50°C di magnetik stirer dengan kecepatan 150 rpm selama 15 menit yang menandakan nanopartikel perak telah terbentuk. Intensitas warna semakin meningkat hingga menjadi coklat didiamkan selama 6 hari. Perubahan warna larutan tersebut disebabkan terjadinya reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak.

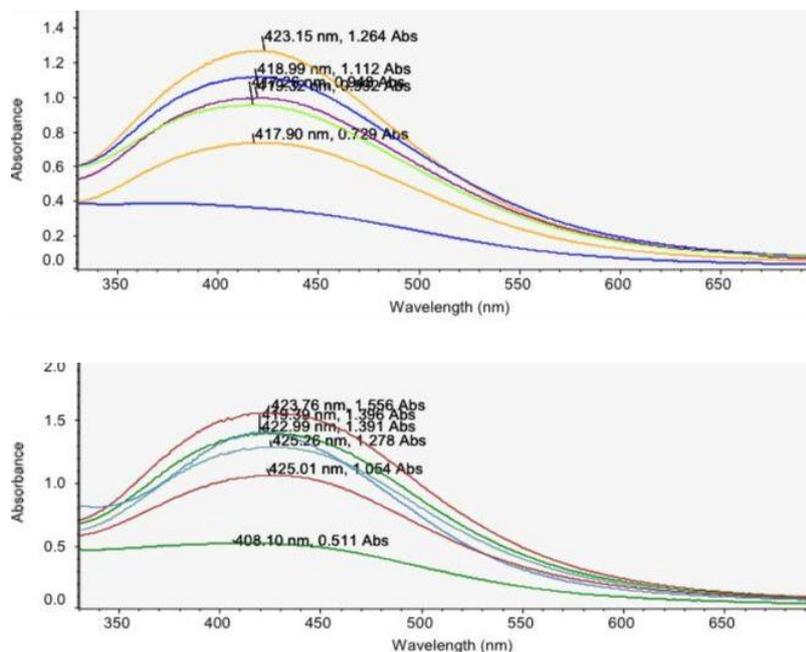
Biosintesis nanopartikel perak ini terjadi karena di dalam ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) memiliki komponen metabolit sekunder seperti alkaloid, terpenoid, saponin, flavonoid, dan tanin yang berfungsi sebagai bioreduktor nanopartikel perak [9][10]. Bioreduktor dari tanaman ini sifatnya tidak berbahaya bagi lingkungan, murah, dan banyak tersebar luas di alam. Ekstrak daun jarak pagar berperan sebagai pereduksi alami yang cukup kuat untuk mengubah Ag⁺¹ menjadi Ag⁰. Perubahan ini terlihat dari perubahan warna larutan perak nitrat yang semula kuning menjadi coklat setelah penambahan ekstrak. Warna akhir dari larutan hasil sintesis nanopartikel perak menunjukkan warna kecoklatan. Percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi perak nitrat, proses reduksi berlangsung lebih cepat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah ion Ag dalam larutan, sehingga pereduksi alami lebih mudah berinteraksi atau berikatan dengan ion Ag.

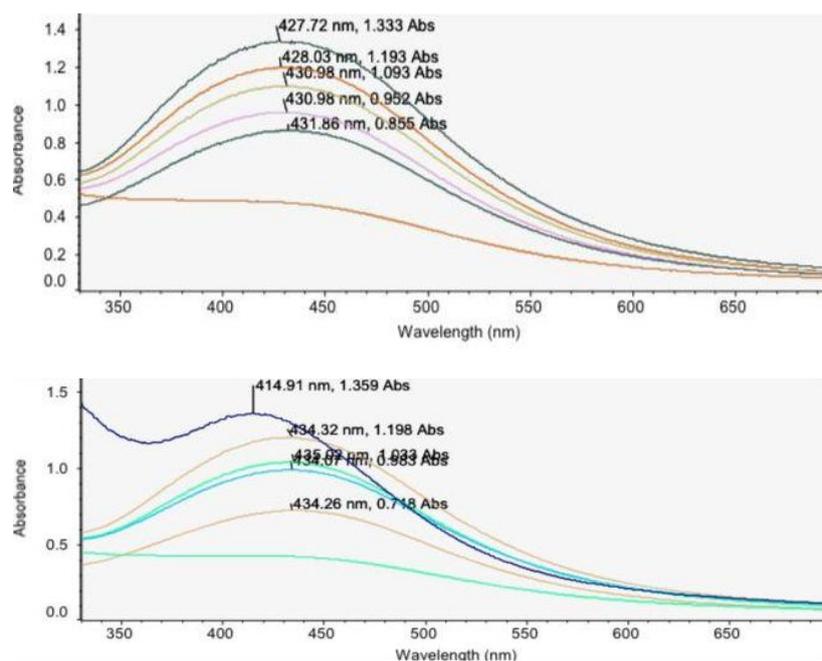


Gambar 1. Hasil sintesis nanopartikel perak (a) sebelum dipanaskan (b) setelah dipanaskan dan d Diamkan selama 6 hari

3.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak

Hasil pengukuran nanopartikel perak menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2. Panjang gelombang maksimum yang terdeteksi berada dalam rentang 400–450 nm, yang menandakan terbentuknya nanopartikel perak pada setiap waktu pengujian. Dari hasil pengukuran, larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi perak nitrat 1 mM menunjukkan puncak maksimum pada 423 nm. Sementara itu, larutan dengan konsentrasi 2 mM, 3 mM, dan 4 mM masing-masing memiliki puncak maksimum pada 425 nm, 432 nm, dan 435 nm. Data ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan nanopartikel perak, semakin besar pula nilai absorbansinya. Dengan kata lain, peningkatan konsentrasi larutan berbanding lurus dengan jumlah nanopartikel perak yang terbentuk serta pertumbuhan ukuran partikel agregat perak.





Gambar 2. Hasil Grafik Karakterisasi Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer Uv-Vis

Pengujian menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang terbentuk. Berdasarkan data pada Tabel 1, hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran nanopartikel perak hasil sintesis berkisar antara 169 hingga 2948 nm. Dari hasil ini, larutan dengan konsentrasi AgNO_3 1 mM menghasilkan nanopartikel dengan ukuran paling kecil dalam skala nano, sedangkan larutan dengan konsentrasi 2 mM, 3 mM, dan 4 mM cenderung berukuran lebih besar dalam skala mikro.

Tabel 1. Hasil karakterisasi ukuran nanopartikel perak dengan PSA

Konsentrasi Larutan	Ukuran Partikel	Keterangan Ukuran
1	169,62 nm	Nano
2	4931,55 nm	Mikro
3	2937,76 nm	Mikro
4	2948,98 nm	Mikro

Ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan dari ekstrak tanaman bervariasi antara 5 hingga 500 nm. Perbedaan ukuran ini dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam proses sintesis, terutama terkait dengan nukleasi dan pertumbuhan partikel. Salah satu faktor utama yang menentukan ukuran partikel adalah konsentrasi logam perak dalam larutan. Semakin tinggi konsentrasi perak, semakin banyak atom perak yang tersedia untuk membentuk inti partikel, sehingga memungkinkan terbentuknya nanopartikel dengan ukuran lebih besar [7]. 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.

Sebaliknya, pada konsentrasi perak 2–4 mM, jumlah ion perak yang lebih tinggi meningkatkan kemungkinan tumbukan antarpartikel serta mempercepat laju nukleasi. Dalam kondisi ini, pertumbuhan partikel menjadi lebih dominan setelah tahap nukleasi awal. Ion perak yang tersisa dalam larutan akan terus menempel pada partikel yang telah terbentuk, menyebabkan ukurannya semakin besar hingga mencapai skala mikro. Dengan konsentrasi perak nitrat yang lebih tinggi, partikel pun lebih rentan mengalami agregasi, membentuk kelompok partikel yang lebih besar [11].

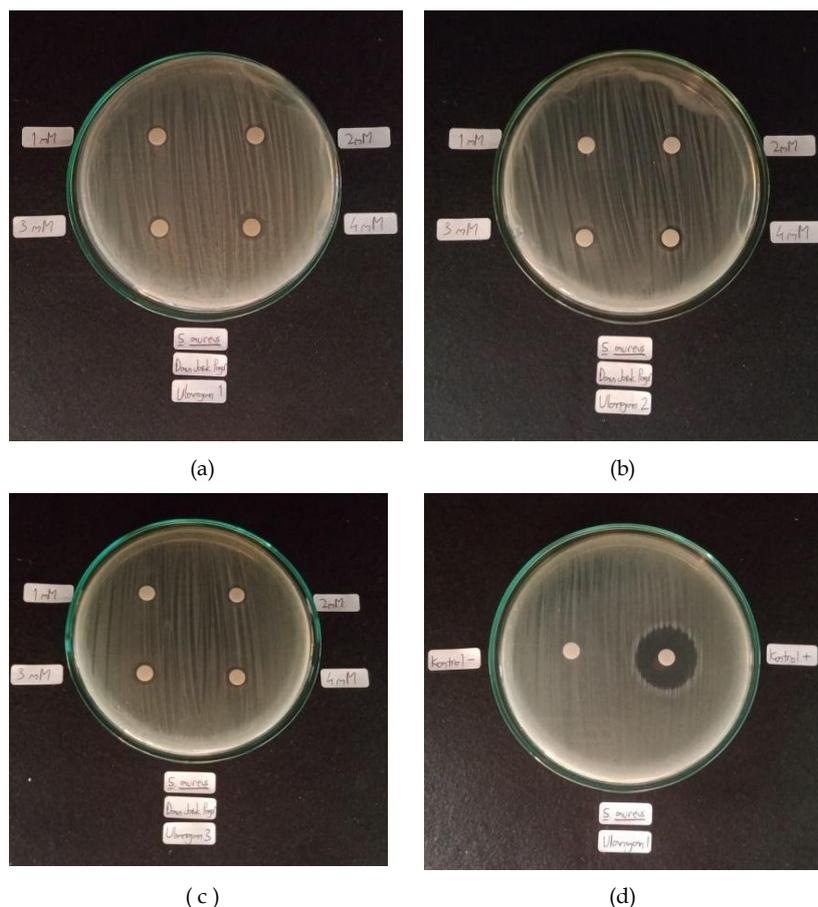
Selain itu, variasi ukuran nanopartikel perak juga dipengaruhi oleh keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak bahan alami yang berfungsi sebagai *capping agent* [12]. Semakin banyak senyawa ini dalam ekstrak, semakin stabil dan seragam ukuran nanopartikel yang terbentuk. Sebaliknya, jika senyawa ini tidak cukup banyak untuk menstabilkan nanopartikel, maka partikel cenderung bergabung satu sama lain dan membentuk partikel yang lebih besar, yang akhirnya dapat mencapai skala mikro [13].

3.3 Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*

Pengujian ini dilakukan untuk menilai kemampuan antibakteri dari campuran ekstrak daun jarak pagar dan larutan perak nitrat dengan variasi konsentrasi 1 mM, 2 mM, 3 mM, dan 4 mM. Uji ini dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yang telah dicampurkan ke dalam media MHA, lalu sebanyak 0,2 mL suspensi bakteri tersebut disebarakan secara merata di permukaan media.

Selanjutnya, kertas cakram yang telah diberi 10 µl larutan uji ditempatkan di atas media MHA. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali untuk memastikan keakuratan hasil. Setelah itu, cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Aktivitas antibakteri nanopartikel ini dapat diamati dari zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram setelah penambahan 10 µl larutan uji dengan berbagai konsentrasi.

Dalam uji ini, kloramfenikol digunakan sebagai kontrol positif karena merupakan antibiotik spektrum luas dengan sifat bakteriostatik, sehingga efektif menghambat pertumbuhan bakteri gram positif maupun gram negatif [14]. Hasil pengujian menunjukkan adanya zona hambat di sekitar cakram, yang menandakan efektivitas antibakteri dari campuran ekstrak daun jarak pagar dan larutan perak nitrat. Hasil lengkap pengujian untuk setiap konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Zona hambat dari larutan konsentrasi 1, 2, 3, dan 4 mM (a) ulangan 1 (b) ulangan 2 (c) ulangan 3 dan (d) zona hambat kontrol positif dan negatif

Berdasarkan hasil uji antibakteri yang dapat dilihat pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nanopartikel perak memiliki aktivitas antibakteri pada setiap konsentrasi yang diuji. Aktivitas tersebut terlihat dari terbentuknya zona bening di sekitar area pertumbuhan bakteri pada media. Semakin luas zona bening yang terbentuk, semakin kuat kemampuan senyawa tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini mengindikasikan bahwa larutan nanopartikel perak dari ekstrak daun jarak memiliki kemampuan sebagai antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji antimikrobal nanopartikel perak terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

Bakteri Uji	Ulangan	Diameter Zona Hambat					
		kontrol +	kontrol -	1mM	2mM	3mM	4mM
<i>Staphylococcus aureus</i>	U1	0	23.34	8.02	8.62	8.43	10.24
	U2	0	23.15	7.55	8.29	8.82	10
	U3	0	23.78	8.47	8.64	9.66	8.81
	Rata-rata	0	23.423333	8.013333	8.516667	8.97	9.683333
	Indeks Antimikrobal	0	2.9038889	0.335556	0.419444	0.495	0.613889

Berdasarkan Tabel 2, daya hambat (DH) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* bervariasi tergantung pada konsentrasi larutan AgNO₃ yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan

bahwa zona bening yang paling stabil dan jelas terbentuk pada cakram yang direndam dalam larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO_3 sebesar 1,0 mM. Zona hambat ini terbentuk karena perak mampu secara efektif menghambat pertumbuhan bakteri gram positif seperti *Staphylococcus aureus* [15].

Efektivitas antibakteri dari nanopartikel perak ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi, bentuk, dan ukuran partikel, jenis bakteri, jumlah koloni bakteri, serta durasi kontak antara nanopartikel perak dengan bakteri [16]. Semakin kecil dan stabil ukuran partikel, semakin tinggi aktivitas antibakteri yang ditunjukkan oleh nanopartikel perak. Jika zona hambat yang dihasilkan cukup luas, maka aktivitas antibakteri dianggap efektif atau bersifat bakterisida. Semakin besar zona bening yang terbentuk di sekitar cakram, semakin tinggi kemampuan antibakteri senyawa tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Dari hasil pengujian, larutan dengan konsentrasi 1 mM, 2 mM, dan 3 mM masing-masing menghasilkan rata-rata lebar zona hambat sebesar 8,01 mm, 8,51 mm, dan 8,97 mm. Ukuran ini masih tergolong dalam kategori sedang karena lebarnya kurang dari 10 mm.

Peningkatan aktivitas antibakteri nanopartikel perak ini terjadi karena luas permukaannya yang lebih besar, sehingga pelepasan ion perak menjadi lebih efektif [17]. Partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan lebih besar, memungkinkan interaksi yang lebih baik dengan bakteri. Dengan begitu, nanopartikel ini lebih mudah menempel pada dinding sel bakteri dan mengganggu fungsinya [18]. Mekanisme antibakteri dari nanopartikel perak melibatkan proses adhesi ke dinding sel bakteri, yang kemudian merusak permeabilitas membran sel dan menghambat respirasi seluler bakteri, sehingga menghambat pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian bakteri [19,20].

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan pereduksi AgNO_3 . Ekstrak dari daun jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) mampu berfungsi sebagai bioreduktor dengan ditandai larutan berwarna kuning kecoklatan. Nanopartikel ini telah dikarakterisasi dengan teknik UV-Vis dan PSA. Berdasarkan hasil UV-Vis, larutan dengan konsentrasi perak nitrat 1,2,3 dan 4 mM berturut-turut diperoleh puncak maksimum pada panjang gelombang 423 nm, 425 nm, 432 nm dan 435 nm. Hasil PSA dari larutan nanopartikel perak yang disintesis dari larutan AgNO_3 yang berukuran nano adalah konsentrasi 1 mM. Semakin meningkatnya konsentrasi AgNO_3 , laju nukleasi partikel perak semakin meningkat. Hal ini menyebabkan nanopartikel perak mudah teragregasi menjadi partikel yang lebih besar, karena meningkatnya frekuensi tumbukan dengan meningkatnya kandungan garam perak. Berdasarkan hasil penelitian, larutan nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO_3 1 mM menunjukkan indeks

antimikrobal paling tinggi yaitu 0,3 yang menunjukkan kemampuan anti bakteri dari larutan hasil sintesis ini.

Kontribusi Penulis

Naskah ini ditulis melalui kontribusi semua penulis. Semua penulis telah menyetujui versi akhir naskah. **N. Osama**: metodologi, investigasi, visualisasi data, **P.B Pratiwi** dan **D. Miswanda** : penulisan - draf asli; konseptualisasi, sumber daya, analisis formal, kurasi data, penulisan - tinjauan dan penyuntingan

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak memiliki konflik kepentingan finansial atau hubungan pribadi yang dapat memengaruhi penelitian dalam manuskrip ini.

Daftar Pustaka

- [1] E. Y. Sukandar. *Tren Dan Paradigma Dunia Farmasi Industri Klinik-Teknologi Kesehatan*. Departemen Farmasi, FMIPA, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [2] N. F. R. Amanda. "Perbandingan Ekstrak Daun Binahong dan Ekstrak Daun Cengkeh dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia, 2015.
- [3] D.L.Aulifa *et al.*, "A Comprehensive Review: Mesoporous Silica Nanoparticles Greatly Improve Pharmacological Effectiveness of Phytoconstituent in Plant Extracts," *Pharmaceuticals*, vol. 17, no. 12, 1684, doi: 10.3390/ph17121684.
- [4] S. K. Srikar *et al.*, "Green Synthesis of Silver Nanoparticles : A Review," *Green and Sustainable Chemistry*, vol. 6, no. 1, pp. 34 – 56, 2016, doi: 10.4236/gsc.2016.61004.
- [5] Y.A.T. Nanda dan K. Zai. "Kajian Pustaka Sintesis Nanopartikel Perak dari Berbagai Tanaman Nusantara dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri," *Majalah Farmaseutik.*, vol. 19, no. 3, pp. 458-467, 2023, doi: 10.22146/farmaseutik.v19i3.85186.
- [6] PP. Taba *et al.*, "Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya sebagai Antioksidan," *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 7, no.1, pp. 51-60, 2019.
- [7] D. F. Nury *et al.*, "Biosynthesis of silver nanoparticles (AgNP) using leaves extract of *Jatropha Curcas* L. *Konversi*," vol.12, no.2, pp. 57-61, 2023, doi: 10.20527/k.v12i2.16610.
- [8] Hasnam dan Z. Machmud. *Panduan Pembenihan Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.)*. Bogor : Puslibangbun, 2005.
- [9] A.D.M. Nasution *et al.*, "Skrining Fitokimia Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) dari Kota Langsa," *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol.1, no.1, pp.11, 2019.
- [10] N.R.Krisdiyanto dan M. Sa'ad, "Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) Dengan Metode Spektrofotometri UV-Visibel," *Pharmacy Medical Journal*, vol.6, no.1, pp.34, 2023.
- [11] J. Osorio-Echavarría *et al.*, "Synthesis of Silver Nanoparticles using White-rot Fungus *Anamorphous Bjerkandera* spp. R1: Influence of Silver Nitrate Concentration and Fungus Growth Time," *Scientific Reports*, vol. 11, no.1, 2021, doi: [10.1038/s41598-021-82514-8](https://doi.org/10.1038/s41598-021-82514-8).

- [12] I.N. Oktavia dan S. Sutoyo, "Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan," *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 1, no.1, pp. 37, 2021.
- [13] H. Alsubaie *et al.*, "Role of Ionic Surfactants on the Nucleation and Growth of Silver Nanoparticles," *Journal of Molecular Liquids*, vol. 341, 2021, doi: 10.1016/J.MOLLIQ.2021.117309.
- [14] D. Rahmawati, *Mikrobiologi Farmasi*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press, 2019.
- [15] N. G M Attallah *et al.*, "In Vivo and In Vitro Antimicrobial Activity of Biogenic Silver Nanoparticles against Staphylococcus aureus Clinical Isolates," *Pharmaceuticals*, vol. 15, 2022, doi: 10.3390/ph15020194.
- [16] I. Sondi, and B.S. Sondi, "Silver Nanoparticle as Antimicrobacterial Agent: a Case Study on *E. coli* as a Model for Gram-Negative Bacteria," *J. ColloidInterface Sci.*, vol. 275, pp. 177-182, 2004.
- [17] R. Jannah dan A. Amaria, "Artikel review: Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Pereduksi Asam Amino sebagai Deteksi Ion Logam Berat," *Prosiding Seminar Nasional Kimia (SNK)*, pp. 185-202, 2020.
- [18] I.X.Yin *et al.*, "The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and its Application in Dentistry," *International Journal of Nanomedicine*, vol. 15, pp. 2555-2562, 2020.
- [19] T. Bruna *et al.*, "Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Applications," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, 2021, doi: 10.3390/ijms22137202.
- [20] S. Liao *et al.*, "Antibacterial Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles Against Multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*," *International Journal of Nanomedicine*, vol. 14, pp. 1469 – 1487, 2019, doi: 10.2147/IJN.S191340.