

Kajian Pustaka Sintesis Nanopartikel Perak dari Berbagai Tanaman Nusantara dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri

Literature Review Synthesis of Silver Nanoparticles from Various Indonesian Plants and Their Applications as Antibacterial

Yogie Andika Tri Nanda¹, Khadijah Zai^{2*}

¹ Magister Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada

² Departemen Farmasetika, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada

Corresponding author: Khadijah Zai: Email: khadijah03@ugm.ac.id

Submitted: 04-06-2023

Revised: 15-06-2023

Accepted: 15-06-2023

ABSTRAK

Nanopartikel perak merupakan suatu partikel yang berukuran 1-100 nm. Nanopartikel perak memberikan potensi aplikasi yang luas. Dalam bidang kesehatan, nanopartikel perak telah digunakan sebagai agen antimikroba yang efektif untuk melawan infeksi bakteri. Proses sintesis nanopartikel perak umumnya menggunakan bahan kimia berbahaya dan merugikan lingkungan. Kajian ini bertujuan untuk menyajikan informasi terkait metode sintesis nanopartikel perak yang aman bagi manusia dan lingkungan melalui pendekatan biologis berbasis bahan alam (sintesis hijau) yang terdapat di Indonesia. Senyawa di dalam tanaman dapat berperan sebagai reduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa ekstrak tanaman dapat digunakan sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel perak dan terbukti berpotensi sebagai antibakteri pada berbagai jenis bakteri.

Kata Kunci: Antibakteri, Nanopartikel perak, Sintesis hijau.

ABSTRACT

Silver nanoparticles are particles with a size range of 1-100 nm. Silver nanoparticles provide a wide range of potential applications. In the medical field, silver nanoparticles have been used as an effective antimicrobial agent to fight bacterial infections. The process of synthesizing silver nanoparticles generally uses chemicals that are harmful and detrimental to the environment. This study aims to present information related to silver nanoparticle synthesis methods that are safe for humans and the environment through a biological approach based on natural materials (green synthesis) found in Indonesia. Compounds in plants can act as reducing agents in the synthesis of silver nanoparticles. Regarding the literature review that has been done, it is concluded that plant extracts can be used as bioreactors for the synthesis of silver nanoparticles and have been shown to have the potential as antibacterial agents on various types of bacteria.

Keywords: Antibacterial; Green synthesis; Silver nanoparticle.

PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan suatu disiplin ilmu yang mempelajari tentang struktur dan molekul dalam skala 1 - 100 nanometer. Nanoteknologi menjadi salah satu ilmu yang paling menarik dan banyak dikembangkan di abad ini. Nanoteknologi berkaitan dengan upaya untuk mengontrol bentuk dan ukuran suatu struktur serta memanfaatkan kemampuan yang dihasilkan karena ukuran skala nanometer¹. Salah satu jenis dari nanoteknologi yang masih banyak dikembangkan saat ini yakni nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki banyak manfaat, salah satunya di bidang kesehatan. Nanopartikel perak terbukti bermanfaat sebagai antibakteri², antioksidan³, antikanker⁴, antidiabetes⁵, antikolesterol⁶, antiinflamasi⁷, antikoagulan⁸, antijamur⁹, antivirus¹⁰, dan pembalut luka¹¹. Namun, nanopartikel perak masih banyak disintesis menggunakan bahan kimia yang berbahaya dan merugikan manusia dan lingkungan¹². Oleh karena itu, dilakukan pengembangan metode dengan pendekatan biologis berbasis tanaman yang disebut *green synthesis*. Metode ini dianggap paling cocok dan disarankan karena aman, murah, efektif dan reproduisibel¹³. Hal ini menjadi suatu tantangan bagi peneliti untuk memanfaatkan keanekaragaman hayati negaranya, termasuk Indonesia. Kajian pustaka ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi

tentang nanopartikel perak yang disintesis dari tanaman yang terdapat di Indonesia serta menambah pemahaman tentang manfaatnya sebagai antibakteri.

METODE

Metode yang digunakan pada kajian literatur ini yaitu studi pustaka dengan mencari dan menganalisis artikel penelitian baik skala nasional maupun internasional yang berkaitan tentang sintesis nanopartikel perak selama 10 tahun terakhir. Penelusuran sumber data dilakukan melalui database *google scholar* dan *science direct*. Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran data untuk artikel nasional adalah “nanopartikel perak” dan “sintesis nanopartikel perak”, sedangkan untuk artikel internasional menggunakan kata kunci “*silver nanoparticles*”, “*synthesis silver nanoparticles*” dan “*green synthesis silver nanoparticles*”. Artikel penelitian dipilih berdasarkan penggunaan tanaman yang terdapat di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Green synthesis

Green synthesis atau sintesis hijau adalah salah satu pendekatan metode sintesis nanopartikel perak dengan memanfaatkan unsur biologis seperti jamur, algae, bakteri, dan tanaman¹³. Biosintesis ini menawarkan metode sintesis yang ramah lingkungan akibat tidak menggunakan zat berbahaya dan lebih efisien energi dibandingkan dengan metode kimia dan fisika¹⁴. Bagian-bagian komponen dari tanaman telah banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak, seperti daun¹⁵, buah¹⁶, kulit buah¹⁷, akar¹⁸, batang¹⁹, bunga³, biji². Tanaman mengandung senyawa kimia seperti enzim, polisakarida, protein, asam amino, polifenol, flavonoid, terpenoid, peptida siklik, tanin, asam askorbat, asam retinoat, dan zat lain yang mendukung sintesis nanopartikel perak. Senyawa tersebut dapat bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam proses sintesis². Berikut penelitian sintesis nanopartikel perak dari ekstrak tanaman di Indonesia disajikan pada Tabel I.

Berdasarkan kajian literatur diketahui bahwa telah banyak penelitian sintesis nanopartikel perak dari ekstrak tanaman di Indonesia. Nanopartikel perak tersebut menghasilkan karakteristik seperti ukuran dan bentuk partikel yang bervariasi. Nanopartikel yang terbentuk sebagian besar menghasilkan ukuran partikel di bawah 50 nm yang berbentuk bulat. Ukuran partikel terkecil terdapat pada nanopartikel perak dari daun tapak dara dan kulit pohon malapari dengan ukuran partikel sebesar 5 nm.

Manfaat Nanopartikel Perak sebagai Antibakteri

Nanopartikel perak yang disintesis dengan metode *green synthesis* terbukti memiliki aktivitas salah satunya sebagai antibakteri. Berdasarkan data pada Tabel I. Nanopartikel perak diketahui mampu menghambat pertumbuhan pada banyak 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*, *P.acnes*, *P.vulgaris*, *P.putida*, *P.aeruginosa*, *S.enterica*, *S.typhi*, *S.typhimurium*, *S.aureus*, *S.epidermidis*, *S.marcescens*, *S.pyogenes*, *V.cholerae*.

Hasil kajian menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis dari tanaman mampu menghambat pertumbuhan bakteri yang efektif. Nanopartikel yang berukuran lebih kecil dengan energi permukaan yang tinggi dapat dengan mudah berinteraksi dengan permukaan dinding sel bakteri yang bermuatan negatif⁴². Mekanisme nanopartikel perak dalam menghambat bakteri memang masih belum diketahui secara pasti. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa nanopartikel perak memiliki kemampuan menembus dinding sel bakteri yang mengakibatkan perubahan struktur dan permeabilitas membran sel. Nanopartikel yang berpenetrasi dapat menginduksi pembentukan spesies oksigen reaktif, dan mengganggu replikasi asam deoksiribonukleat (DNA) sehingga menyebabkan inaktivasi sel dan berujung kematian sel^{38,53,55}. Selain itu, aktivitas antibakteri nanopartikel perak dipicu oleh adsorpsi nanopartikel yang lebih kecil (kurang dari 50 nm) pada permukaan sel. Ion perak akan dilepaskan dan berinteraksi dengan berbagai makromolekul yang ada di permukaan sel. Interaksi ini dapat merusak dinding dan membran sel, mengakibatkan peningkatan permeabilitas, gangguan transportasi membran, penonaktifan enzim, denaturasi protein, pembentukan spesies oksigen reaktif, dan kerusakan DNA².

Tabel Ia. Sintesis nanopartikel perak dari berbagai tanaman dan efek antibakterinya

Tanaman	Partikel		Efek Antibakteri	Ref
	Ukuran (nm)	Bentuk		
Biji alpukat (<i>Persea americana</i>)	-	Bulat	Zona hambat bakteri <i>E.coli</i> pada konsentrasi 6,01; 334,11 dan 823,34 µg/mL berturut sebesar 1;1,5 dan 1mm	2
Akar binasa (<i>Plumbago indica</i>)	50-70	Bulat	Zona hambat bakteri terbesar sebesar 11,6 (<i>B. subtilis</i>); 13,8 (<i>Streptococcus spp.</i>); 12 (<i>S.aureus</i>); 14,4 (<i>E.coli</i>); 12,1 (<i>P.vulgaris</i>); 10,4 (<i>P.aeruginosa</i>); dan 7,2 mm (<i>K.pneumonia</i>)	18
Daun arum dalu (<i>Cestrum nocturnum</i>)	20	Bulat	NPP menghambat bakteri <i>Citrobacter</i> , <i>S.typhi</i> , <i>E.faecalis</i> , <i>E.coli</i> , <i>P.vulgaris</i> dan <i>V.cholerae</i> dengan zone hambat terbesar 41 mm pada <i>V.cholerae</i> dan terkecil 15 mm pada <i>E.faecalis</i>	20
Daun asoka (<i>Saraca asoca</i>)	-	Butiran	Zona hambat bakteri sebesar 10 mm terhadap bakteri <i>S.aureus</i> , <i>S.pyogens</i> , <i>Diplococci sp.</i> dan <i>S.typhi</i> .	21
Kulit bawang merah (<i>Allium cepa</i> L.)	50,63	-	Zona hambat bakteri <i>S.aureus</i> sebesar 11,08 mm	22
Umbi bawang putih (<i>Allium sativum</i> L.)	13,13-22,69	Bulat	NPP menghambat bakteri <i>E.coli</i> , <i>S.epidermidis</i> , <i>P.aeruginosa</i> , <i>K.pneumoniae</i> , <i>S.aureus</i> , <i>S.marcescens</i> , <i>S.pyogenes</i>	8
Daun belimbing wuluh (<i>Averrhoa Bilimbi</i> L.)	112,8	Bulat	Zona hambat bakteri sebesar 7,0; 5,1 mm (<i>B.subtilis</i>) dan 0,7; 0,7 mm (<i>E.coli</i>)	23
Daun buta-butua (<i>Excoecaria agallocha</i>)	23-42	Bulat dan segienam	NPP menghambat bakteri Gram negatif (<i>S.typhi</i> , <i>P.aeruginosa</i>) lebih besar dibanding bakteri Gram positif (<i>S.aureus</i> , <i>B.cereus</i>)	24
Daun cemmem (<i>Spondias pinnata</i>)	30,56	-	Zona hambat bakteri sebesar 7 mm (<i>S.aureus</i>) dan 6,67 mm (<i>E.coli</i>)	25
Biji cempaka (<i>Michelia champaca</i>)	345,4	-	NPP menurunkan koloni bakteri sebesar 64,76 % pada prekursor perak nitrat 1 mM yang memiliki ukuran partikel terkecil	26
Daun jambu biji (<i>Psidium guajava</i>)	21,04	-	Zona hambat bakteri sebesar 6 mm (<i>S.aureus</i>) dan 5 mm (<i>E.coli</i>)	15
Akar kayu api (<i>Diospyros assimilis</i>)	17	Bulat	NPP menghambat secara kuat pada <i>B.subtilis</i> dan <i>E.coli</i> , sedang pada <i>B.pumilis</i> , <i>S.aureus</i> , <i>K.pneumoniae</i> , <i>P.vulgaris</i> dan ringan pada <i>S.pyogenes</i> dan <i>P.aeruginosa</i> dengan KHM <i>B. subtilis</i> 6,25 - 12,5 dan 12,5 - 25 µM pada <i>E.coli</i>	27
Daun kayu tulak (<i>Schefflera Elliptica</i> Harms)	88,2 16,9	Bulat, segiena, segitiga	Zona hambat bakteri sebesar 6,39; 8,28 (sedang) pada <i>E.coli</i> dan 4,30 (ringan); 6,39 mm (sedang) pada <i>S.aureus</i>	28
Daun lada (<i>Piper nigrum</i>)	7-50	Bulat	NPP daun lada kombinasi dengan antibiotik menghasilkan zona hambat sebesar 15,85 mm (<i>C.freundii</i>) dan 16,29 mm (<i>E.cacticida</i>)	19
Batang lada (<i>Piper nigrum</i>)	9-30	Bulat	NPP batang lada kombinasi dengan antibiotik menghasilkan zona hambat sebesar 12,83 mm (<i>C.freundii</i>) dan 14,53 mm (<i>E.cacticida</i>)	19

Tabel Ib. Sintesis nanopartikel perak dari berbagai tanaman dan efek antibakterinya

Tanaman	Partikel		Efek Antibakteri	Ref
	Ukuran (nm)	Bentuk		
Biji lada (<i>Piper nigrum</i>)	15-38	Bulat	Zona hambat sebesar 41,7 mm (<i>B. subtilis</i>) dan 36,4 mm (<i>E.coli</i>)	29
Lemon (<i>Citrus limon</i>)	100-1000	Bulat	NPP menghasilkan koloni sebesar 0 CFU/20 mL.	30
Daun lidah buaya (<i>Aloe vere</i>)	86,7-100	Bulat	Zona hambat sebesar 16 mm (<i>S.aureus</i>) pada konsentrasi 80 µg/mL serta tidak ada penghambatan pada konsentrasi sampai dengan 120 µg/mL untuk bakteri <i>E.coli</i> , <i>P.aeruginosa</i> dan <i>Salmonella</i>	31
Kulit pohon malapari (<i>Pongamia pinnata</i>)	5-55	Bulat	NPP menghambat bakteri <i>B.subtilis</i> , <i>S.aureus</i> , <i>K.pneumoniae</i> dan <i>K. planticola</i> dengan zona hambat terbesar pada <i>K.planticola</i> dan terkecil pada <i>S.aureus</i>	32
Daun mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	34	Bulat	Zona hambat sebesar 9 mm (<i>S.aureus</i>) dan 9 mm (<i>E.coli</i>)	33
	33	Bulat	Zona hambat sebesar 17,7 mm (<i>S.aureus</i>), 18,7 mm (<i>E.coli</i>), 10,3 mm (<i>P.aeruginosa</i>) dan 17,7 mm (<i>B.cereus</i>) dengan KHM dan KBM antara 390 - 780 mg/mL.	34
Kulit buah nanas (<i>Ananas comosus L.</i>)	-	mendekati bulat	Zona hambat sebesar 8,78 mm (<i>S.aureus</i>), 8,91 mm (<i>B.cereus</i>), 9,07 mm (<i>L.monocytogenes</i>) dan 10,31 mm (<i>E.faecium</i>) dengan KHM dan KBM antara 50 - 100 µg/ml	17
Daun nipah (<i>Nypa fruticans</i>)	60-80	-	Zona hambat sebesar 9,4 mm (<i>S.aureus</i>) dan 10,5 mm (<i>E.coli</i>)	35
Daun pelawan (<i>Tristanopsis Merguensis</i> Griff)	22,8	-	Zona hambat pada konsentrasi 100% sebesar 12,10 mm (<i>S.aureus</i>) dan 12,95 mm (<i>E.coli</i>)	36
Daun pepaya (<i>Carica papaya</i>)	50-200	Bulat	Zona hambat terbesar sebesar 11 (<i>S.aureus</i>), 9 (<i>B.subtilis</i>), 9 (<i>M.luteus</i>), 13 (<i>E.coli</i>), 10 (<i>P.putida</i>) dan 9 mm (<i>K.pneumoniae</i>) dengan KHM dan KBM >25 µg/mL	37
Buah petai (<i>Parkia speciosa</i> Hassk.)	20-50	Bulat	Zona hambat terbesar sebesar 8,6 mm (<i>S.aureus</i>), 10,4 mm (<i>E.coli</i>) dan 11,8 mm (<i>P.aeruginosa</i>)	16
Daun petai (<i>Parkia speciosa</i> Hassk.)	22-43	Bulat	Zona hambat pada konsentrasi 100 µg/mL sebesar 10 mm (<i>S.aureus</i>), 9 mm (<i>E.coli</i>), 8 mm (<i>P.aeruginosa</i>) dan 5 mm (<i>B.subtilis</i>)	38
Kerucut muda pinus merah jepang (<i>Pinus densiflora</i>)	30-80	Oval	Zona hambat sebesar 7 mm (<i>B.linens</i>), 8 mm (<i>P.acnes</i>), 2 mm (<i>B.cereus</i>) dan 4 mm (<i>S.epidermidis</i>).	39
Kulit pisang (<i>Musaparadisiacal</i>)	23,7	Bulat	Zona hambat sebesar 12 mm (<i>B.subtilis</i>), 16 mm (<i>S.aureus</i>), 20 mm (<i>P.aeruginosa</i> ATCC), 18 mm (<i>P.aeruginosa</i> isolat) dan 17 mm (<i>E.coli</i>).	40

Tabel Ic. Sintesis nanopartikel perak dari berbagai tanaman dan efek antibakterinya

Tanaman	Partikel		Efek Antibakteri	Ref
	Ukuran (nm)	Bentuk		
Daun dan kelopak bunga plumbago (<i>Plumbago auriculata</i>)	15-30	Bulat	NPP menghambat seluruh bakteri pada KHM terbaik 1,25 (<i>E.coli</i>); 125 (<i>S.aureus</i>); 62,5 (<i>K.pneumoniae</i>); dan 250 µg/mL (<i>S.typhimurium</i>)	41
Daun plumbago (<i>Plumbago auriculata</i>)	20-500	Bulat	Zona hambat bakteri terbesar 10 (<i>S.aureus</i>), 12 (<i>E.coli</i>), 8 (<i>B.subtilis</i>), dan 14 mm (<i>K.pneumoniae</i>)	42
Daun pohon rambut gadis (<i>Ginkgo Biloba</i>)	10-16	Bulat	Zona hambat terbesar sebesar 12,46 mm (<i>E.coli</i>) dan 12,82 (<i>S.aureus</i>)	43
	14,14	Bulat	Zona hambat bakteri sebesar 4,74 mm (<i>S.aureus</i>) dan 8,46 mm (<i>E.coli</i>)	44
Daun ruku-ruku (<i>ocimum canum</i>)	15,76	Bulat dan batang	Zona hambat bakteri <i>E.coli</i> pada konsentrasi terbesar (30 ppm) sebesar 24,5 mm	45
Rumput laut coklat (<i>Sargassum Dentifolium</i>)	155	Bulat	NPP mampu menghambat bakteri <i>S.typhimurium</i> , <i>E.aerogenes</i> , <i>P.aeruginosa</i> , <i>E.coli</i> , dan <i>MRSA</i> dengan nilai KHM dan KBM yang tidak berbeda signifikan	46
Bunga sedap malam (<i>Polianthes tuberosa</i>)	>15	Bulat	Zona hambat bakteri pada konsentrasi 300 µg sebesar 15 (<i>S.aureus</i>), 13 (<i>B.subtilis</i>), 14 (<i>E.coli</i>), 12 (<i>P.aeruginosa</i>) dan 12 mm (<i>K.pneumonia</i>)	47
Daun sendok (<i>Plantago major</i> L.)	129,20	Bulat	Zona hambat bakteri sebesar 7,2 mm (<i>S.aureus</i>), 5,13 mm (<i>P.aeruginosa</i>) dan 6,18 mm (<i>E.coli</i>)	48
	37,44	Bulat	NPP menghambat bakteri lebih besar pada <i>S.aureus</i> dibanding <i>E.coli</i>	49
Daun sirih (<i>Piper betle</i> linn.)	-	-	Zona hambat bakteri sebesar 17 mm (<i>B.cereus</i>), 15 mm (<i>S.aureus</i>), 15 mm (<i>E.coli</i>) dan 16 mm (<i>K.pneumonia</i>)	50
Bunga tapak dara (<i>Catharanthus roseus</i>)	30	Bulat	Zona hambat terbesar sebesar ±2,45 cm (<i>S.aureus</i>), ±2,5 cm (<i>E.coli</i>)	3
Daun tapak dara (<i>Catharanthus roseus</i>)	5-40	Bulat	NPP menunjukkan daya hambat pada bakteri <i>S.typhi</i> and <i>P.vulgaris</i> dengan KHM 4 µg/ml (<i>S.typhi</i>) dan 8 µg/ml (<i>P.vulgaris</i>)	51
Daun teh (<i>Camellia Sinensis</i>)	15-33	Agregat	Zona hambat bakteri terbesar pada konsentrasi 20 mg/mL sebesar 11 mm (<i>S.aureus</i>) dan 10 mm (<i>Klebsiella spp.</i>)	52
	20-25	Bulat	Zona hambat bakteri terbesar pada konsentrasi 20 µg/mL sebesar 15,67 mm (<i>S.enterica</i>) dan 10,54 mm (<i>S.aureus</i>)	53
Daun turi (<i>Sesbania grandiflora</i>)	20	Bulat	Zona hambat bakteri terbesar sebesar 4 mm (<i>E.coli</i>), 8 mm (<i>Pseudomonas spp.</i>), 6 mm (<i>Bacillus spp.</i>) dan 5 mm (<i>Staphylococcus spp.</i>)	54
	24,1	Bulat	Zona hambat bakteri sebesar 11,5 mm (<i>E.coli</i>), 9,5 mm (<i>Pseudomonas</i>), 8 mm (<i>Bacillus</i>) dan 9 mm (<i>Staphylococcus</i>)	55

Tabel Id. Sintesis nanopartikel perak dari berbagai tanaman dan efek antibakterinya

Tanaman	Partikel		Efek Antibakteri	Ref
	Ukuran (nm)	Bentuk		
Daun Zaitun (<i>Olea europaea</i>)	20–25	Bulat	NPP menghambat bakteri <i>S.aureus</i> , <i>P.aeruginosa</i> dan <i>E.coli</i>	56

Keterangan: - = tidak diamati, KHM = konsentrasi hambat minimum, KBM = konsentrasi bunuh minimum, *B.cereus* = *Bacillus cereus*, *B.pumilis* = *Bacillus pumilis*, *B.subtilis* = *Bacillus subtilis*, *B.linens* = *Brevibacterium linens*, *C.freundii* = *Citrobacter freundii*, *E.aerogenes* = *Enterobacter aerogenes*, *E.faecium* = *Enterococcus faecium*, *E.cacticida* = *Erwinia cacticida*, *E.coli* = *Escherichia coli*, *K.pneumonia* = *Klebsiella pneumonia*, *K.planticola* = *Klebsiella planticola*, *L.monocytogenes* = *Listeria monocytogenes*, *MRSA* = *methicillin resistant Staphylococcus aureus*, *M.luteus* = *Micrococcus luteus*, *P.acnes* = *Propionibacterium acnes*, *P.vulgaris* = *Proteus vulgaris*, *P.putida* = *Pseudomonas putida*, *P.aeruginosa* = *Pseudomonas aeruginosa*, *S.enterica* = *Salmonella enterica*, *S.typhi* = *Salmonella typhi*, *S.typhimurium* = *Salmonella typhimurium*, *S.aureus* = *Staphylococcus aureus*, *S.epidermidis* = *Staphylococcus epidermidis*, *S.marcescens* = *Serratia marcescens*, *S.pyogenes* = *Streptococcus pyogenes*, *V.cholerae* = *Vibrio cholerae*.

pertumbuhan bakteri. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki banyak jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sintesis nanopartikel perak yang berpotensi sebagai antibiotik alternatif dalam melawan bakteri patogen.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Indonesia memiliki banyak tanaman yang dapat dimanfaatkan secara efektif dalam mensintesis nanopartikel perak (*green synthesis*). Nanopartikel perak hasil biosintesis memiliki aktivitas antibakteri pada berbagai jenis bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bayda S, Adeel M, Tuccinardi T, Cordani M, Rizzolio F. The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*. 2019;25(1):112.
2. Girón-Vázquez NG, Gómez-Gutiérrez CM, Soto-Robles CA, et al. Study of the effect of *Persea americana* seed in the green synthesis of silver nanoparticles and their antimicrobial properties. *Results Phys*. 2019;13:102142.
3. Kandiah M, Chandrasekaran KN. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Catharanthus roseus* Flower Extracts and the Determination of Their Antioxidant, Antimicrobial, and Photocatalytic Activity. Llobet E, ed. *J Nanotechnol*. 2021;2021:1-18.
4. Jamil K, Khattak SH, Farrukh A, et al. Biogenic Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Catharanthus roseus* and Its Cytotoxicity Effect on Vero Cell Lines. *Molecules*. 2022;27(19):6191.
5. Perumalsamy R, Krishnadhas L. Anti-Diabetic Activity of Silver Nanoparticles Synthesized from the Hydroethanolic Extract of *Myristica fragrans* Seeds. *Appl Biochem Biotechnol*. 2022;194(3):1136-1148.
6. Othman BA, Nanakali NM. The Preventive Effects of *Urtica dioica* Extract and Nanoparticle on Oxidative Stress and Lipid Profile in Hyperlipidemic Male Rats. *Cihan Univ-Erbil Sci J*. 2022;6(2):125-132.
7. Khashan AA, Dawood Y, Khalaf YH. Green chemistry and anti-inflammatory activity of silver nanoparticles using an aqueous curcumin extract. *Results Chem*. 2023;5:100913.
8. Andleeb S, Tariq F, Muneer A, et al. In vitro bactericidal, antidiabetic, cytotoxic, anticoagulant, and hemolytic effect of green-synthesized silver nanoparticles using *Allium sativum* clove extract incubated at various temperatures. *Green Process Synth*. 2020;9(1):538-553.

9. Ediz E, Kurtay G, Karaca B, Büyük İ, Gökdemir FŞ, Aras S. Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Phaseolus vulgaris* L. Extracts and Investigation of their Antifungal Activities. *Hacet J Biol Chem*. 2021;49(1):11-23.
10. Mehmood Y, Farooq U, Yousaf H, et al. Antiviral activity of green silver nanoparticles produced using aqueous buds extract of *syzygiumaromaticum*. *Pak J Pharm Sci*. 2020;33(2):839-845.
11. Osman Mahmud S, Hamad Shareef S, Jabbar AAJ, Hassan RR, Jalal HK, Abdulla MA. Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Aqueous Extract of *Tinospora crispa* Stems Accelerate Wound Healing in Rats. *Int J Low Extrem Wounds*. Published online November 3, 2022:1-12.
12. Zuin Zeidler V, Stahl A, Zanotti K, Lodi Segatto M. Green and Sustainable Chemistry in Latin America: which type of research is going on? And for what? *Curr Opin Green Sustain Chem*. 2020;25:100379.
13. Hano C, Abbasi BH. Plant-Based Green Synthesis of Nanoparticles: Production, Characterization and Applications. *Biomolecules*. 2021;12(1):31.
14. Ali EM, Abdallah BM. Effective Inhibition of Candidiasis Using an Eco-Friendly Leaf Extract of *Calotropis-gigantea*-Mediated Silver Nanoparticles. *Nanomaterials*. 2020;10(3):422.
15. Arifin N, Harjono, Wijayati N. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) dengan Irradiasi Microwave. *Indo J Chem Sci*. 2016;5(3):195-201.
16. Fatimah I. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extract of *Parkia speciosa* Hassk Pods Assisted by Microwave Irradiation. *J Adv Res*. 2016;7(6):961-969.
17. Das G, Patra JK, Debnath T, Ansari A, Shin HS. Investigation of antioxidant, antibacterial, antidiabetic, and cytotoxicity potential of silver nanoparticles synthesized using the outer peel extract of *Ananas comosus* (L.). Mukherjee A, ed. *PLOS ONE*. 2019;14(8):e0220950.
18. Sujin Jeba Kumar T, Balavigneswaran CK, Moses Packiaraj R, et al. Green Synthesis of Silver Nanoparticles by *Plumbago indica* and Its Antitumor Activity Against Dalton's Lymphoma Ascites Model. *BioNanoScience*. 2013;3(4):394-402.
19. Paulkumar K, Gnanajobitha G, Vanaja M, et al. *Piper nigrum* Leaf and Stem Assisted Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Evaluation of Its Antibacterial Activity Against Agricultural Plant Pathogens. *Sci World J*. 2014;2014:1-9.
20. Keshari AK, Srivastava R, Singh P, Yadav VB, Nath G. Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by *Cestrum nocturnum*. *J Ayurveda Integr Med*. 2020;11(1):37-44.
21. Fatema S, Shirsat M, Farooqui M, Arif PM. Biosynthesis of Silver nanoparticle using aqueous extract of *Saraca asoca* leaves, its characterization and antimicrobial activity. *IntJNano Dimens*. 2019;10(2):163-168.
22. Sumaiti T, Ratnasari D, Mutiani DD. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *J Farmamedika Pharmamedica J*. 2018;3(1):27-33.
23. Prasetiowati AL, Prasetya AT, Wardani S. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai Antibakteri. *Indo J Chem Sci*. 2018;7(2):160-166.
24. Bhuvaneswari R, Xavier RJ, Arumugam M. Facile synthesis of multifunctional silver nanoparticles using mangrove plant *Excoecaria agallocha* L. for its antibacterial, antioxidant and cytotoxic effects. *J Parasit Dis*. 2017;41(1):180-187.
25. Purnamasari GAPP, Lestari GAD, Cahyadi KD, Esati NK, Suprihatin IE. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Air Daun Cemmeng (*Spondias pinnata* (L.f) Kurz.) dan Aktivitasnya Sebagai Antibakteri. *J Appl Chem*. 2021;9(2):75-80.
26. Mangkay ERJ, Setiawan AO, Razi F. Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Biji Buah Bungong Jeumpa Aceh sebagai Antibakteri pada Hand Sanitizer. *J Serambi Eng*. 2023;8(2).
27. Kantipudi S, Pethakamsetty L, Kollana SM, et al. *Diospyros assimilis* root extract assisted biosynthesised silver nanoparticles and their evaluation of antimicrobial activity. *IET Nanobiotechnol*. 2018;12(2):133-137.

28. Aryasa IWT, Artini NPR. Green Synthesis of Silver Nanoparticles using Kayu tulak Leaf (Schefflera Elliptica Harms) Infusion as a Bio-reductant and Its Antibacterial Activity. *J Kim Sains Dan Apl.* 2022;25(6):212-217.
29. Kanniah P, Chelliah P, Thangapandi JR, Gnanadhas G, Mahendran V, Robert M. Green synthesis of antibacterial and cytotoxic silver nanoparticles by Piper nigrum seed extract and development of antibacterial silver based chitosan nanocomposite. *Int J Biol Macromol.* 2021;189:18-33.
30. Kosimaningrum WE, Pitaloka AB, Hidayat AS, Aisyah W, Ramadhan S, Rosyid MA. Sintesis Perak Nanopartikel Melalui Reduksi Spontan Menggunakan Reduktor Alami Ekstrak Kulit Lemon Serta Karakterisasinya Sebagai Antifungi dan Antibakteri. *J Integrasi Proses.* 2020;9(2):34-43.
31. Khan A, Shaheen A, Mahmood T, Rehman W, Yaqoob. Novel Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from Leaf extract of Aloe Vera and their Anti-Microbial activity. *J Nanosci Technol Appl.* 2017;1(1):103.
32. Rajeshkumar S. Synthesis of silver nanoparticles using fresh bark of Pongamia pinnata and characterization of its antibacterial activity against gram positive and gram negative pathogens. *Resour-Effic Technol.* 2016;2(1):30-35.
33. Ahmed S, Saifullah, Ahmad M, Swami BL, Ikram S. Green synthesis of silver nanoparticles using Azadirachta indica aqueous leaf extract. *J Radiat Res Appl Sci.* 2015;9(1):1-7.
34. Chinnasamy G, Chandrasekharan S, Koh TW, Bhatnagar S. Synthesis, Characterization, Antibacterial and Wound Healing Efficacy of Silver Nanoparticles From Azadirachta indica. *Front Microbiol.* 2021;12:611560.
35. Az-Zhahra F, Naspiah N, Febrina L, Rusli R. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Nipah (Nypa fruticans) sebagai Agen Antibakteri. *J Sains Dan Kesehat.* 2020;2(3):166-170.
36. Fabiani VA, Putri MA, Saputra ME, Indriyani DP. Synthesis of Nano Silver using Bioreductor of Tristaniopsis merguensis Leaf Extracts and Its Antibacterial Activity Test. *JKPK J Kim Dan Pendidik Kim.* 2019;4(3):172.
37. Banala RR, Nagati VB, Karnati PR. Green synthesis and characterization of Carica papaya leaf extract coated silver nanoparticles through X-ray diffraction, electron microscopy and evaluation of bactericidal properties. *Saudi J Biol Sci.* 2015;22(5):637-644.
38. Ravichandran V, Vasanthi S, Shalini S, Shah SAA, Tripathy M, Paliwal N. Green Synthesis, Characterization, Antibacterial, Antioxidant and Photocatalytic Activity of Parkia speciosa Leaves Extract Mediated Silver Nanoparticles. *Results Phys.* 2019;15:102565.
39. Velmurugan P, Park JH, Lee SM, et al. Synthesis and characterization of nanosilver with antibacterial properties using Pinus densiflora young cone extract. *J Photochem Photobiol B.* 2015;147:63-68.
40. Ibrahim HMM. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *J Radiat Res Appl Sci.* 2015;8(3):265-275.
41. Singh K, Naidoo Y, Mocktar C, Baijnath H. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Plumbago auriculata* leaf and calyx extracts and evaluation of their antimicrobial activities. *Adv Nat Sci Nanosci Nanotechnol.* 2018;9(3):035004.
42. Govindan L, Anbazhagan S, Altemimi AB, et al. Efficacy of Antimicrobial and Larvicidal Activities of Green Synthesized Silver Nanoparticles Using Leaf Extract of Plumbago auriculata Lam. *Plants.* 2020;9(11):1577.
43. Ren Y yu, Yang H, Wang T, Wang C. Green synthesis and antimicrobial activity of monodisperse silver nanoparticles synthesized using Ginkgo Biloba leaf extract. *Phys Lett A.* 2016;380(45):3773-3777.
44. Huang L, Sun Y, Mahmud S, Liu H. Biological and Environmental Applications of Silver Nanoparticles Synthesized Using the Aqueous Extract of Ginkgo biloba Leaf. *J Inorg Organomet Polym Mater.* 2020;30(5):1653-1668.
45. Tailor G, Yadav BL, Chaudhary J, Joshi M, Suvalka C. Green synthesis of silver nanoparticles using Ocimum canum and their anti-bacterial activity. *Biochem Biophys Rep.* 2020;24:100848.

46. Saber H, Alwaleed EA, Ebnalwaled KA, Sayed A, Salem W. Efficacy of silver nanoparticles mediated by *Jania rubens* and *Sargassum dentifolium* macroalgae; Characterization and biomedical applications. *Egypt J Basic Appl Sci.* 2017;4(4):249-255.
47. Kumaran S, Santhiyaa RV, Prakaesh U, et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using aqueous flower extracts of *Polianthes tuberosa* and their antibacterial and cytotoxicity activity. 2018;5(4):407-414.
48. Dewi KTA, Kartini K, Sukweenadhi J, Avanti C. Karakter Fisik dan Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Hasil Green Synthesis Menggunakan Ekstrak Air Daun Sendok (*Plantago major* L.). *Pharm Sci Res PSR.* 2019;6(2):69-81.
49. Purnamasari MD, Harjono, Wijayati N. Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih Dengan Irradiasi Microwave. *Indones J Chem Sci.* 2016;5(2):152-158.
50. Praba PS, Jeyasundari J, Jacob YBA. Synthesis of Silver Nano Particles Using Piper Betle and Its Antibacterial Activity. *Eur Chem Bull.* 2014;3(10):1014-1016.
51. Keshari AK, Srivastava A, Chowdhury S, Srivastava R. Antioxidant and Antibacterial Property of Biosynthesised Silver Nanoparticles. *Nanomed Res J.* 2021;6(1):17-27.
52. Widatalla HA, Yassin LF, Alrasheid AA, et al. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Green Tea Leaf Extract, Characterization and Evaluation of Antimicrobial Activity. *Nanoscale Adv.* 2022;4(3):911-915.
53. Das J, Paul Das M, Velusamy P. *Sesbania grandiflora* leaf extract mediated green synthesis of antibacterial silver nanoparticles against selected human pathogens. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc.* 2013;104:265-270.
54. Ajitha B, Ashok Kumar Reddy Y, Rajesh KM, Sreedhara Reddy P. *Sesbania grandiflora* leaf extract assisted green synthesis of silver nanoparticles: Antimicrobial activity. *Mater Today Proc.* 2016;3(6):1977-1984.
55. Mallikarjuna K, Balasubramanyam K, Narasimha G, Kim H. Phyto-synthesis and antibacterial studies of bio-based silver nanoparticles using *Sesbania grandiflora* (*Avisa*) leaf tea extract. *Mater Res Express.* 2018;5(1):015054.
56. Khalil MMH, Ismail EH, El-Baghdady KZ, Mohamed D. Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. *Arab J Chem.* 2014;7(6):1131-1139.