

Kajian Literatur Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Reduktor Kimia dan Biologi serta Uji Aktivitas Antibakteri

Ivan Fadillah*

Prodi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

* ivannoza14@gmail.com

Abstract. Nanotechnology is becoming the fastest growing field, and various applications in science and technology can create new materials. Silver nanoparticles are generally applied as an antibacterial. This study was conducted to determine the characteristics and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized using chemical reducing agents and bioreductants using a systematic literature review method from 18 scientific journals which then analyzed the data which was poured into a table. From the systematic literature review that has been carried out, it can be seen that the differences in the use of chemical reductants and bioreductors in the synthesis of silver nanoparticles affect the size of the resulting product. The use of reducing chemicals, namely sodium borohydride, can produce smaller nanoparticles compared to the use of bioreductants. The scientific journals reviewed showed better antibacterial activity against Gram-positive bacteria than against Gram-negative bacteria in the synthesis using chemical reducing agents or bioreductors.

Keywords: *Silver Nanoparticles Synthesis, Characterization, Antibacterial.*

Abstrak. Nanoteknologi menjadi bidang yang tumbuh paling cepat, dan berbagai aplikasi dalam sains dan teknologi dapat menciptakan material baru. Nanopartikel perak yang diaplikasikan secara umum adalah sebagai antibakteri. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak yang disintesis menggunakan reduktor kimia dan bioreduktor dengan metode systematic literature review dari 18 jurnal ilmiah yang kemudian dilakukan analisis data yang dituangkan ke dalam tabel. Dari systematic literature review yang telah dilakukan, terlihat bahwa perbedaan penggunaan antara reduktor kimia dan bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak mempengaruhi ukuran yang dihasilkan. Penggunaan reduktor kimia yaitu Natrium borohidrida dapat memberikan hasil nanopartikel yang lebih kecil dibandingkan penggunaan bioreduktor. Dari jurnal-jurnal ilmiah yang direview menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik terhadap bakteri Gram positif dibandingkan terhadap bakteri Gram negatif pada sintesis yang menggunakan reduktor kimia maupun bioreduktor.

Kata Kunci: *Sintesis Nanopartikel Perak, Karakterisasi, Antibakteri.*

A. Pendahuluan

Nanoteknologi menjadi bidang yang tumbuh paling cepat, dan berbagai aplikasi dalam sains dan teknologi dapat menciptakan material baru. Dengan mengontrol bentuk dan ukurannya dari 1 hingga 100 nm, nanoteknologi dapat diartikan sebagai sesuatu desain, karakterisasi, serta penerapan struktur, perangkat, dan sistem (Albrecht et al. 2006). Nanopartikel yang disintesis dari logam, seperti emas, perak, besi, seng, dan logam oksida, memiliki luas permukaan dan rasio volume yang besar sehingga berpeluang besar dalam penerapan biomedis (Prasad et al. 2013).

Nanopartikel perak (AgNP) merupakan nanopartikel yang banyak menarik perhatian karena aplikasinya yang banyak diteliti. Nanopartikel perak yang diaplikasikan secara umum adalah sebagai antibakteri dan antijamur. Nanopartikel perak yang diaplikasikan sebagai antibakteri dan antijamur terdapat dalam beberapa produk seperti kaos kaki, tisu basah, wadah penyimpanan makanan dan lain-lain (Khaydarov et al. 2009).

Nanopartikel perak yang memiliki aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti konsentrasi nanopartikel perak, bentuk nanopartikel perak, ukuran nanopartikel perak, jenis bakteri, jumlah koloni bakteri, dan waktu kontak nanopartikel perak dengan bakteri (Sondi et al. 2004). Faktornya adalah pada saat proses sintesis terhadap ukuran partikel, yaitu suhu larutan, konsentrasi garam, zat pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite et al. 2006).

Nanopartikel perak dapat disintesis menggunakan metode fisika dan kimia dengan hasil partikel yang murni, namun penggunaan metode fisika dan kimia memiliki kekurangan. Pada metode fisika dibutuhkan penggunaan energi yang tinggi dan metode kimia akan menghasilkan akhir residu, selain itu pada kedua metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal (Renugadevi dan Aswini, 2012). Metode kimia merupakan metode yang paling umum digunakan karena alasan faktor kemudahan, sederhana serta memberikan hasil yang cukup baik, namun penggunaan reduktor kimia cukup reaktif dan memiliki dampak yang kurang baik terhadap lingkungan. Sehingga banyak dikembangkan sintesis nanopartikel menggunakan agen pereduksi dari ekstrak tanaman. Penggunaan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor berkaitan dengan kandungan senyawa dalam tanaman yang memiliki aktivitas antioksidan yang berperan sebagai agen pereduksi (Purnamasari et al. 2016).

Dalam penelitian Wahyudi et al. (2011) nanopartikel perak hasil sintesis dengan reduktor kimia memperlihatkan aktivitas antibakteri lebih kuat terhadap bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dibanding bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*). Dalam penelitian Purnamasari et al. (2016) juga menunjukkan hal yang sama nanopartikel perak yang disintesis dengan ekstrak tanaman efektif menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dibanding bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*).

Berdasarkan pemaparan di atas dapat dirumuskan bagaimana karakteristik dan aktivitas antibakteri nanopartikel perak yang disintesis menggunakan reduktor kimia dan bioreduktor.

Tujuan dari dilakukannya systematic literature review ini yaitu untuk mengetahui karakteristik dan aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak yang disintesis menggunakan reduktor kimia dan bioreduktor.

B. Metodologi Penelitian

Pencarian jurnal-jurnal tersebut dilakukan dengan menggunakan kata kunci: “synthesis”, “nanoparticle”, “silver”, dan “antibacterial”. Untuk membatasi jurnal yang digunakan dilakukan penyaringan dengan menggunakan kriteria inklusi sebagai berikut:

1. Jurnal yang dicari merupakan jurnal yang dipublikasi dalam 10 tahun terakhir (2011-2021)
2. Jurnal yang dicari merupakan research article
3. Jurnal memiliki data karakteristik nanopartikel yang terbentuk yaitu data spektrofotometri UV-Vis, particle size analyzer, transmission electron microscope, atau scanning electron microscope

4. Jurnal menyebutkan hasil uji aktivitas antibakteri berupa zona hambat minimum

Dengan penggunaan kriteria inklusi tersebut terdapat 18 jurnal yang digunakan dalam systematic literature review ini. Jurnal-jurnal tersebut kemudian diekstrak data-data yang diperlukan untuk mengkaji sesuai dengan rumusan masalah. Data-data yang digunakan dari jurnal tersebut adalah hasil karakterisasi nanopartikel yang terbentuk dan hasil uji aktivitas antibakteri. Dari data-data tersebut kemudian dianalisis dengan membandingkan hasil nanopartikel yang terbentuk dan aktivitas antibakteri antara penggunaan reduktor kimia dan biologi

Tabel 1. Karakteristik nanopartikel perak dengan reduktor kimia

Reduktor	UV-Vis	DLS	XRD	TEM	SEM	Referensi
Asam sitrat	400-450 nm	-	-	8-15 nm	(spherical)	
Glukosa	400-450 nm	-	-	7-30 nm	(spherical)	Pavoski <i>et al</i> , 2019
Gliserol	400-450 nm	-	-	7-10 nm	(spherical)	
Natrium alginat	400 nm	30-43 nm	-	<50 nm (spherical)	-	Shao <i>et al</i> , 2018
Natrium borohidrida	400 nm	-	12-45 nm	5-80 nm (spherical)	-	Pedroza-Toscano <i>et al</i> , 2017
Natrium borohidrida	-	-	18,31 nm	8 nm (spherical)	-	Thiruvengadam & Bansod, 2020
Natrium borohidrida	406 nm	-	-	7,21 nm (spherical)	-	Moosa <i>et al</i> , 2019
Natrium borohidrida	422 nm	8 nm	-	-	-	Suresh <i>et al</i> , 2014
D-laktosa	420 nm	-	-	-	10-46 nm (spherical)	Al-Abdullah <i>et al</i> , 2017
Trinatrium sitrat	425 nm	30-43 nm	-	20-30 nm (spherical)	-	Khattoon <i>et al</i> , 2017

Tabel 2. Karakteristik nanopartikel perak dengan bioreduktor

Bioreduktor	UV-Vis	DLS	XRD	TEM	SEM	Referensi
<i>Capparis spinosa L.</i> (daun)	420 nm	-	20 nm	5-30 nm (spherical)	10-40 nm (spherical)	Benakashani <i>et al</i> , 2016
<i>Coriandrum sativum L.</i>	-	-	11,9 nm	-	(spherical)	Ashraf <i>et al</i> , 2019
<i>Citrus limon</i> (kulit)	437 nm	59,74 nm	-	(spherical dan sebagian aglomerisasi)	-	Alkhulaifi <i>et al</i> , 2020
<i>Psidium guajava L.</i> (daun)	410 nm	-	-	6,41-21,04 nm (face centered cubic)	-	Arifin <i>et al</i> , 2016
<i>Plantago major L.</i> (daun)	445 nm	129 nm	-	-	(spherical)	Dewi <i>et al</i> , 2019
<i>Averrhoa Bilimbi L.</i> (daun)	412 nm	112,8 nm	-	-	(sedikit spherical)	Prasetiowati <i>et al</i> , 2018
<i>Cleoma viscosa L.</i> (buah)	410-430 nm	24,53 nm	-	5-30 nm (spherical)	-	Lakshmanan <i>et al</i> , 2018
<i>Annona senegalensis</i> (kulit batang)	431,19 nm	-	-	11-24,76 nm (spherical)	(spherical)	Olabemiwo <i>et al</i> , 2021
<i>Conocarpus Lancifolius</i> (buah)	410-430 nm	-	22,5 nm	5-30 nm (spherical)	-	Oves <i>et al</i> , 2021
<i>Psidium guajava L.</i> (buah)	401,5-415	19,87-25,87 nm	-	8,45-26,41 nm (face centered cubic)	-	Fatihin <i>et al</i> , 2016

Nanopartikel merupakan material yang memiliki ukuran dalam rentang yaitu 1-100 nm. Material yang berukuran nano memiliki sifat seperti katalis, adsorpsi, dan reaktivitas tinggi. Sehingga banyak dalam bidang seperti adsorpsi, membran, katalis, medis, desinfeksi, penginderaan dan biologis untuk mengembangkan penggunaan nanomaterial (Choerudin,

2017).

Nanopartikel perak telah diketahui tidak terlalu berbahaya bagi manusia namun bersifat racun atau toksik terhadap bakteri. Nanopartikel akan lebih mudah masuk ke dalam bakteri melalui membran sel dengan ukuran partikel dalam rentang 1-10 nm. Selain itu nanopartikel perak dapat meningkatkan kematian sel dengan meningkatkan permeabilitas. Jika ditanam pada media agar padat maka akan memberikan efek yang lebih besar dibanding ditumbuhkan pada media suspensi cair (Fabrega et al. 2009).

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan dua metode yaitu top-down dan bottom-up. Pada metode top-down ada beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu milling, metode korosi dan abrasi dengan penambahan asam. Pada metode bottom-up ada beberapa cara yaitu metode kimia, elektrokimia, radiasi, fotokimia, abrasi laser dan lain-lain. Nanopartikel memiliki stabilitas yang lebih baik saat disintesis dengan metode bottom-up dibandingkan dengan metode top-down (Haryono et al. 2008).

Spektrofotometri UV-Vis memiliki prinsip kerja yaitu serapan dan radiasi cahaya atau elektromagnetik yang dianggap seperti gelombang. Molekul-molekul yang sesuai dengan struktur elektroniknya akan menyerap cahaya yang jatuh pada senyawa tersebut (Underwood, 2002).

Particle size analyzer digunakan untuk menentukan ukuran rata-rata dari nanopartikel perak yang akan dikarakterisasi. PSA dengan metode *Dynamic Light Scattering* (DLS) dilakukan dengan memanfaatkan penyebaran inframerah. Penyebaran inframerah dilakukan dengan menembakkan inframerah pada sampel sehingga akan timbul reaksi berupa gerak Brown (gerak acak koloidal partikel akibat benturan dengan molekul-molekul yang terdapat dalam zat cair). Gerak Brown akan berbanding terbalik dengan ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin besar/cepat gerak Brown yang akan ditimbulkan (Rawle, 2010).

Karakterisasi dengan TEM dilakukan dengan cara menembakkan berkas elektron berintensitas sangat tinggi (tegangan dipercepat ratusan kV) terhadap sampel yang sangat tipis. Detektor akan menangkap berkas elektron yang tidak dapat menembus bagian tipis pada sampel yaitu pada bagian sampel yang keras (bentuk partikel) (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

Scannig Electron Microscopy memiliki prinsip kerja yaitu berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi untuk menggambarkan morfologi dari permukaan benda atau partikel. Permukaan partikel yang ditembak oleh sinar atau berkas elektron akan balik memantulkan berkas elektron ke segala arah. Dari berkas elektron yang dipantulkan ke segala arah terdapat satu berkas elektron yang memiliki intensitas tinggi, lalu berkas elektron berintensitas tinggi itu akan terdeteksi oleh detektor yang berada dalam alat SEM (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).

Nanopartikel perak dapat berfungsi sebagai antibakteri karena luas permukaan yang dimiliki besar sehingga dapat berinteraksi dengan baik terhadap mikroorganisme. Nanopartikel perak dapat berpenetrasi ke dalam bakteri melalui membran sel bakteri. Kemudian nanopartikel perak berdifusi dan merusak siklus pernafasan bakteri sampai akhirnya sel bakteri mati (Mahendra et al. 2009).

Uji aktivitas antibakteri dengan metode sumuran digunakan untuk pengujian aktivitas agen antibakteri. Pada media agar yang telah ditumbuhkan dengan bakteri uji dibuat sumur/lubang yang akan diisi dengan agen antibakteri. Kemudian agen antibakteri dari sumur/lubang berisi agen antibakteri akan berdifusi pada media agar. Daya hambat pertumbuhan antibakteri yang terbentuk dapat terlihat pada zona bening di sekitar sumur/lubang (Pratiwi, 2008).

Uji aktivitas antibakteri juga bisa dilakukan dengan metode cakram. Metode cakram digunakan untuk menentukan kepekaan antibakteri terhadap satu antibiotik. Pada metode ini digunakan cakram kertas saring (paper disk) sebagai tempat menampung zat antibakteri. Kertas cakram tersebut diletakkan pada media agar yang telah diinokulasi bakteri uji, kemudian diinkubasi pada waktu dan suhu tertentu. Hasil yang diamati merupakan ada atau

tidaknya zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Pratiwi, 2008).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Nanopartikel merupakan suatu material yang memiliki ukuran 1-100 nm yang mempunyai sifat fisikokimia baru dan khas. Nanopartikel sudah banyak disintesis dari logam, seperti emas, besi, seng dan logam oksida. Pada systematic literature review ini dilakukan review terkait nanopartikel yang disintesis dari logam perak (Fabrega et al. 2009 dan Prasad et al. 2013).

Dari data-data yang didapat dari jurnal-jurnal ilmiah pada **tabel 1.** hasil puncak serapan dari nanopartikel perak yang disintesis dengan reduktor kimia menunjukkan panjang gelombang pada rentang 400-450 nm. Hal ini menandakan bahwa nanopartikel yang terbentuk merupakan nanopartikel perak sesuai dengan penelitian dari Singh et al. (2013) dimana koloid nanopartikel perak menunjukkan puncak serapan pada rentang 400-530 nm.

Nanopartikel perak yang disintesis menggunakan reduktor kimia menghasilkan ukuran yang beragam. Pada **tabel 1.** penggunaan reduktor kimia menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk beragam dari yang paling kecil pada penelitian Moosa et al. (2019) dengan ukuran rata-rata 7,21 nm dan yang paling besar pada penelitian Pedroza et al. (2017) pada rentang 5-80 nm dengan ukuran rata-rata 12-45 nm. Namun sebagian besar ukuran nanopartikel yang terbentuk memiliki ukuran di bawah 50 nm. Dari bentuk morfologi yang ditunjukkan semua nanopartikel yang dihasilkan berbentuk spherical (bulat).

Pada **tabel 2.** hasil puncak serapan dari nanopartikel perak yang disintesis dengan bioreduktor menunjukkan panjang gelombang pada rentang 401,5-445 nm. Hal ini menandakan bahwa nanopartikel yang terbentuk merupakan nanopartikel perak sesuai dengan penelitian dari Singh et al. (2013) dimana koloid nanopartikel perak menunjukkan puncak serapan pada rentang 400-530 nm.

Tabel 3. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan reduktor kimia dengan metode cakram

Reduktor	Zona hambat minimum		Konsentrasi	Referensi
	Bakteri Gram negatif	Bakteri Gram positif		
Asam sitrat	<i>Escherichia coli</i> (17 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (24 mm)	-	Pavoski et al. 2019
Glukosa	<i>Escherichia coli</i> (18 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (25 mm)	-	
Gliserol	<i>Escherichia coli</i> (18 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (21 mm)	-	
Natrium alginat	<i>Escherichia coli</i> (12,6 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (12,7 mm)	100 µL/cakram	Shao et al., 2018
Natrium borohidrida	<i>Escherichia coli</i> (6 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (8 mm)	30 µg/cakram	Pedroza-Toscano et al., 2017
Natrium borohidrida	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (12 mm)	<i>Bacillus subtilis</i> (14 mm)	100 µg/cakram	Thiruvengadam & Bansod, 2020
Natrium borohidrida	<i>Escherichia coli</i> (8,3 mm)	<i>Enterococcus faecalis</i> (7 mm)	50 µL/cakram	Moosa et al., 2019

Tabel 4. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan reduktor kimia dengan metode sumuran

Reduktor	Zona hambat minimum		Konsentrasi	Referensi
	Bakteri Gram negatif	Bakteri Gram positif		
Natrium borohidrida	<i>Escherichia coli</i> (26 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (25 mm)	-	Suresh et al., 2014
D-laktosa	<i>Escherichia coli</i> (15 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (65 mm)	300 µL	Al-Abdullah et al., 2017
Trinatrium sitrat	<i>Escherichia coli</i> (7,5 mm)	<i>Bacillus subtilis</i> (7,5 mm)	-	Khatoun et al., 2017

Nanopartikel perak yang disintesis menggunakan bioreduktor menghasilkan ukuran yang beragam. Pada **tabel 2.** penggunaan reduktor kimia menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk beragam dari yang paling kecil pada penelitian Ashraf et al. (2019) dengan ukuran rata-rata 11,9 nm dan yang paling besar pada penelitian Dewi et al. (2019) dengan

ukuran rata-rata 129 nm. Dari bentuk morfologi terdapat dua penelitian yang menunjukkan nanopartikel yang dihasilkan berbentuk face centered cubic pada penelitian Arifin et al. (2016) dan Fatihin et al. (2016), sedangkan pada penelitian lain nanopartikel yang dihasilkan berbentuk spherical (bulat).

Nanopartikel perak dapat berfungsi sebagai antibakteri karena luas permukaan yang dimiliki besar sehingga dapat berinteraksi dengan baik terhadap mikroorganisme. Nanopartikel perak dapat berpenetrasi ke dalam bakteri melalui membran sel bakteri. Kemudian nanopartikel perak berdifusi dan merusak siklus pernafasan bakteri sampai akhirnya sel bakteri mati (Mahendra et al. 2009).

Setelah hasil sintesis nanopartikel perak dikarakterisasi, kemudian hasil nanopartikel perak yang terbentuk diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif dengan melihat diameter zona hambat yang terbentuk pada media uji.

Pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak dilakukan terhadap bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pada **tabel 3**, pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan reduktor kimia dengan metode cakram terhadap bakteri Gram negatif menunjukkan diameter zona hambat minimum terkecil pada penelitian Pedroza et al. (2017) sebesar 6 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Pavoski et al. (2019) sebesar 18 mm. Sedangkan pada pengujian aktivitas antibakteri Gram positif diameter zona hambat minimum terkecil di tunjukkan pada penelitian Moosa et al. (2019) sebesar 7 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Pavoski et al. (2019) sebesar 25 mm.

Pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak dilakukan terhadap bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pada **tabel 4**, pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan reduktor kimia dengan metode sumuran terhadap bakteri Gram negatif menunjukkan diameter zona hambat minimum terkecil pada penelitian Khatoon et al. (2017) sebesar 7,5 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Suresh et al. (2014) sebesar 18 mm. Sedangkan pada pengujian aktivitas antibakteri Gram positif diameter zona hambat minimum terkecil di tunjukkan pada penelitian Khatoon et al. (2017) sebesar 7,5 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Al-Abdullah et al. (2017) sebesar 65 mm.

Tabel 5. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dengan metode cakram

Bioreduktor	Zona hambat minimum		Konsentrasi	Referensi
	Bakteri Gram negatif	Bakteri Gram positif		
<i>Capparis spinosa</i> L. (daun)	<i>Escherichia coli</i> (16 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (14,1 mm)	30 µL/cakram	Benakashani et al, 2016
<i>Coriandrum sativum</i> L.	<i>Pasteurella multocida</i> (10 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (12 mm)	200 µL/cakram	Ashraf et al, 2019
<i>Citrus limon</i> (kulit)	<i>Escherichia coli</i> (35 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (35 mm)	50 µg/cakram	Alkhulaifi et al, 2020
<i>Psidium guajava</i> L. (daun)	<i>Escherichia coli</i> (10 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (11 mm)	-	Arifin et al, 2016
<i>Plantago major</i> L. (daun)	<i>Escherichia coli</i> (6,18 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (7,19 mm)	-	Dewi et al, 2019
<i>Averrhoa Bilimbi</i> L. (daun)	<i>Escherichia coli</i> (0,8 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (5,45 mm)	-	Prasetiowati et al, 2018

Tabel 6. Aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dengan metode sumuran

Zona hambat minimum		Konsentrasi	Referensi
Bakteri Gram negatif	Bakteri Gram positif		
<i>Escherichia coli</i> (16 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (17 mm)	40 µg/mL	Lakshmanan <i>et al.</i> , 2018
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (22,75 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (34 mm)	1000 mg/mL	Olabemiwo <i>et al.</i> , 2021
<i>Streptococcus pneumoniae</i> (18 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (24 mm)	50 µL	Oves <i>et al.</i> , 2021
<i>Escherichia coli</i> (13 mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (20 mm)	-	Fatihin <i>et al.</i> , 2016

Pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak dilakukan terhadap bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pada **tabel 5.** pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dengan metode cakram terhadap bakteri Gram negatif menunjukkan diameter zona hambat minimum terkecil pada penelitian Prasetiowati *et al.* (2018) sebesar 0,8 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Alkhulaifi *et al.* (2020) sebesar 35 mm. Sedangkan pada pengujian aktivitas antibakteri Gram positif diameter zona hambat minimum terkecil di tunjukkan pada penelitian Prasetiowati *et al.* (2018) sebesar 5,45 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Alkhulaifi *et al.* (2020) sebesar 35 mm.

Pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak dilakukan terhadap bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pada **tabel 6.** pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dengan metode sumuran terhadap bakteri Gram negatif menunjukkan diameter zona hambat minimum terkecil pada penelitian Fatihin *et al.* (2016) sebesar 13 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Olabemiwo *et al.* (2021) sebesar 22,75 mm. Sedangkan pada pengujian aktivitas antibakteri Gram positif diameter zona hambat minimum terkecil di tunjukkan pada penelitian Lakshmanan *et al.* (2018) sebesar 17 mm dan diameter zona hambat minimum terbesar ditunjukkan pada penelitian Olabemiwo *et al.* (2021) sebesar 34 mm.

Dari data-data tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri nanopartikel perak yang diujikan menggunakan reduktor kimia dengan metode cakram menunjukkan diameter zona hambat minimum lebih luas terhadap bakteri Gram positif dibandingkan terhadap bakteri Gram negatif. Pada pengujian aktivitas antibakteri nanopartikel perak menggunakan bioreduktor dengan metode sumuran juga menunjukkan hasil yang sama diameter zona hambat minimum lebih luas terhadap bakteri Gram positif dibandingkan terhadap bakteri Gram negatif. Dengan demikian hal ini sejalan dengan penelitian Wahyudi *et al.* (2011) dan Purnamasari *et al.* (2016) yang menunjukkan pada kedua penelitian tersebut nanopartikel perak lebih efektif menghambat bakteri Gram positif dibandingkan dengan bakteri Gram negatif.

D. Kesimpulan

Dari *systematic literature review* yang telah dilakukan, terlihat bahwa perbedaan penggunaan antara reduktor kimia dan bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak mempengaruhi ukuran yang dihasilkan. Penggunaan reduktor kimia yaitu Natrium borohidrida dalam *systematic literature review* ini dapat memberikan hasil nanopartikel yang lebih kecil dibandingkan penggunaan bioreduktor. Dari jurnal-jurnal ilmiah yang direview menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik terhadap bakteri Gram positif dibandingkan terhadap bakteri Gram negatif pada sintesis yang menggunakan reduktor kimia maupun bioreduktor.

Acknowledge

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen farmasi unisba, keluarga penulis, teman-teman, dan semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abdullah, M dan Khairurrijal. (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1): 4-5
- [2] Al-Abdullah, Z., Al-Shuhaib, Z., Abdulridah, A. S., Aboud, M. N. (2017). Synthesis and Characterisation of Antibacterial Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, Vol. 7, No. 2: 377-383
- [3] Albrecht, M. A., Evans, C. W., dan Raston, C. L. (2006). Green chemistry and the health implication of nanoparticles. *Green Chem*, 8: 417-432
- [4] Alkhulaifi, M., Alshehri, J., Alwehaibi, M., Awad, M., Al-Enazi, N., Aldosari, N., Hatamleh, A., Abdel-Raouf, N. (2020). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Citrus Limon Peels and Evaluation of Their Antibacterial and Cytotoxic Properties. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 3434-3441, 27(12)
- [5] Arifin, N., Harjono dan Wijayanti, N. (2016). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) dengan Irradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3)
- [6] Ashraf, A., Zafar, S., Zahid, K., Salahudin Shah, M., Al-Ghanim, K., Al-Mished, F., Mahoob, S. (2019). Synthesis, Characterization, and Antibacterial Potential of Silver Nanoparticles Synthesized from *Coriandrum Sativum* L.. *Journal of Infection and Public Health*, 275-281, 12(2)
- [7] Benakashani, F., Allafchian, A., Jalali, S. (2016). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Capparis Spinosa* L. Leaf Extract and Their Antibacterial Activity. *Karbala International Journal of Modern Science*, 251-258, 2(4)
- [8] Choerudin. (2017). Peran Nanomaterial dalam Pengolahan Air dan Air Limbah. *Teknik Kimia*, Institut Teknologi Bandung.
- [9] Dewi, K., Kartini., Sukweenadhi, J., Avanti, C. (2019). Karakter Fisik dan Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak Hasil Green Synthesis Menggunakan Ekstrak Air Daun Sendok (*Plantago major* L. *Pharmaceutical Science and Research*, 6(2): 69-81
- [10] Fabrega, J., Fawcett, S. R., Renshaw, J. C., dan Lead, J. R. (2009). Silver Nanoparticle Impact on Bacterial Growth: Effect of pH, Concentration, and Organic Matter. *Environmental Science & Technology*, 43(19): 7285-7290
- [11] Fatihin, S., Harjono dan Kusuma, S. B. W. (2016). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3)
- [12] Haryono, A., Sondari, D., Harmani, S. B., dan Randy, M. (2008). Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*.
- [13] Khatoon, U., Nageswara Rao, G., Mohan, K., Ramanaviciene, A., Ramanavicus, A. (2017). Antibacterial and Antifungal Activity of Silver Nanospheres Synthesized by Tri-sodium Citrate Assisted Chemical Approach. *Vacuum*, 259-265, 146
- [14] Khaydarov, R.R., Khaydarov, R.A., Estrin, Y., Evgrafova, S., Scheper, T., Endres, C. dan Cho, S.Y. (2009). Silver Nanoparticles. *Nanomaterials: Risks and Benefits*, 4: 287-297
- [15] Lakshmanan, G., Sathiyaseelan, A., Kalaichelvan, P., Murugesan, K. (2018). Plant-mediated Synthesis of Silver Nanoparticles Using Fruit Extract of *Cleoma Viscosa* L.: Assessment of Their Antibacterial and Anticancer Activity. *Karbala International Journal of Modern Science*. 61-68, 4(1)
- [16] Mahendra, R., Yadav, Alka., Gade, Aniket. (2009). Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27: 76 – 83
- [17] Olabemiwo, O., Akintelu, S., Waheed, A., Okunlola, D., Akinwale, D., Adeynika, G., Adenji, T., Adebisi, S. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles using Stem Bark Extract of *Annona senegalensis*: Characterization and its Antibacterial Potency. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4
- [18] Oves, M., Ahmar Rauf, M., Aslam, M., Qari, H., Sonbol, H., Ahmad, I., Sarwar Zaman, G.,

- Saeed, M. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles by *Conocarpus Lancifolius* Plant Extract and Their Antimicrobial and Anticancer Activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- [19] Pavoski, G., Baldisserotto, D., Maraschin, T., Brum, L., dos Santos, C., dos Santos, J., Brandelli, A., Galland, G. (2019). Silver Nanoparticles Encapsuled In Silica: Synthesis, Characterization and Application as Antibacterial Fillers in Ethylene Polymerization. *European Polymer Journal*, 38-54, 117
- [20] Pedroza-Toscano, M., Lopez-Cuenca, S., Rabelero-Velasco, M., Moreno-Medrano, E., Mendizabal-Ruiz, A., Salazar-Peria, R. (2017). Silver Nanoparticles Obtained by Semicontinuous Chemical Reduction Using Carboxymethyl Cellulose as a Stabilizing Agent and Its Antibacterial Capacity, *Journal of Nanomaterials*.
- [21] Prasad, S.B. (2013). Current Understanding of Synthesis and Pharmacological Aspects of Silver Nanoparticles. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1(7): 536-547
- [22] Prasetiowati, A. L., Prasetya. A. T., dan Wardani, S. (2018). Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstran Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2)
- [23] Pratiwi, S. T. (2008). *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- [24] Purnamasari, M., Harjono dan Wijayanti, N. (2016). Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih dengan Irradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2)
- [25] Rawle, A. (2010). Basic principles of particle Size analysis. Technical paper of Malvern instruments. Worcestershire: United Kingdom.
- [26] Renugadevi, K dan R.V. Aswini. (2012). Microwave Irradiation Assisted Synthesis of Silver Nanoparticle using *Azadirachta indica* Leaf Extract as A Reducing Agent and In Vitro Evaluation of Its Antibacterial and Anticancer Activity. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2(2): 5-10
- [27] Moosa, S., Mahadeven, A., Shameli, K. (2019). Synthesis of Silver Nanoparticles in Kaolinite and Their Antibacterial Behavior. *International Journal of Engineering Research and Technical Research*, V8(08)
- [28] Shao, Y., Wu, C., Wu, T., Chen, S., Ding, T., Ye, X., Hu, Y. (2018). Green Synthesis of Sodium Alginate-Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1281-1292, 111
- [29] Singh, A., S. Jha, G. Srivastava, P. Sarkar, P. Gogoi. (2013). Silver Nanoparticles as Fluorescent Probes: New Approach For Bioimaging. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2(11): 153-157.
- [30] Sileikaite, A.P, Igoris, P., Judita, J., Algimantas, G.A. (2006). Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution. *Journal Material Science*, 12(4): 1392-1320
- [31] Sondi, I. and Sondi, B.S. (2004). Silver Nanoparticle as Antimicrobial Agent: a Case Study on *E. coli* as a Model for Gram-Negative Bacteria. *J. Colloid Interface Sci.*, 275: 177-182
- [32] Suresh, Z., Nerpagar, T., Chaudhari, N., Manchalwad, P., Harke, S. (2014). Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Activity, *International Journal of Nano Dimension*, 5(6): 569-573
- [33] Thiruvengadam, V dan Bansod, A. (2020). Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized Using Chemical Method and Its Antibacterial Property. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 7257-7264, 10(6)
- [34] Underwood, R.A.D. (2002). *Analisa Kimia Kualitatif*. Jakarta: Erlangga.
- [35] Wahyudi, T., Sugiyani, D., dan Helmy, Q. (2011). Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. Coli* dan *S. aureus*. *Arena Tekstil*, 26(1): 1-60.