

## Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) sebagai Antibakteri

Andi Lana Prasetyowati<sup>✉</sup>, Agung Tri Prasetya, dan Sri Wardani

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Juni 2018

Disetujui Juli 2018

Dipublikasikan Agustus 2018

#### Keywords:

nanopartikel perak  
daun belimbing wuluh  
bioreduktor  
antibakteri

### Abstrak

Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman bekerja dengan cara mendonorkan elektron ke ion  $\text{Ag}^+$  untuk menghasilkan nanopartikel perak. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  terhadap ukuran nanopartikel dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bakteri. Nanopartikel perak disintesis menggunakan metode *green synthesis*, dengan cara mereduksi  $\text{AgNO}_3$  dengan bioreduktor daun belimbing wuluh dan di tambahkan PVA sebagai agen penstabil. Kondisi optimal sintesis nanopartikel perak dengan  $\lambda_{\text{maks}}$  412 nm diperoleh pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM dan waktu pembentukan pada hari ke-4. Identifikasi ukuran partikel menggunakan PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM mempunyai ukuran rata-rata 112,8 nm. Nanopartikel perak optimal yang dikarakterisasi menggunakan SEM memiliki gambaran morfologi sedikit berbentuk sedikit bulat (*spherical*) pada perbesaran 6.000 x dan akselerasi tegangan sebesar 15 kv. Nanopartikel yang paling stabil diperoleh pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM. Nanopartikel perak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* lebih kuat dari pada bakteri *E. coli*. Hasil menunjukkan lebar zona bening yang paling stabil dan jelas ditunjukkan pada cakram yang direndam menggunakan nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM. Ukuran nanopartikel terkecil dan stabilitas yang baik memiliki kemampuan antibakteri yang lebih besar.

### Abstract

The secondary metabolite compounds contained in the plant donating electrons to  $\text{Ag}^+$  ions to produce silver nanoparticles. The purpose of this research is to know the effect of  $\text{AgNO}_3$  concentration on nanoparticle size and its effect on bacterial growth. The silver nanoparticles were synthesized using green synthesis method, by reducing  $\text{AgNO}_3$  with bioreductor of starfruit leaf and adding PVA as stabilizing agent. The optimum condition of silver nanoparticle synthesise with  $\lambda_{\text{max}}$  of 412 nm was obtained in  $\text{AgNO}_3$  1.0 mM concentration and formation time on day 4. Particle size identification using PSA showed that the silver nanoparticles synthesized with  $\text{AgNO}_3$  concentration of 1.0 mM had an average size of 112.8 nm. The optimum silver nanoparticles characterized using SEM shows slightly spherical morphological images at 6.000 x magnification and 15 kv voltage acceleration. The most stable nanoparticles were obtained at a concentration of  $\text{AgNO}_3$  0.5 mM. Silver nanoparticles are able to inhibit the growth of *Bacillus subtilis* bacteria more strongly than *E. coli* bacteria. The results show the widest and clearest clear zone clearly shown on the discs immersed using silver nanoparticles with a concentration of 1.0 mM  $\text{AgNO}_3$ . The smallest size of the nanoparticles and good stability have greater antibacterial capabilities.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉Alamatkorespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: andilanprasetyowati@yahoo.com

## Pendahuluan

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu fisika, kimia, biologi serta rekayasa yang penting dan menarik dalam beberapa tahun terakhir ini. Salah satu perkembangan nanoteknologi yang sedang berkembang yaitu nanopartikel. Penelitian nanopartikel sedang berkembang pesat karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis dan biomedis (Wahyudi *et al.*, 2011). Nanopartikel yang banyak menarik perhatian adalah nanopartikel logam karena aplikasinya yang luas antara lain di bidang optik, elektronik, biologi, katalis dan kedokteran. Salah satu logam yang paling banyak diteliti adalah perak (Ag). Aplikasi yang paling luas dari nanopartikel perak adalah sebagai antibakteri dan antijamur. Nanopartikel perak yang diaplikasikan sebagai antibakteri dan antijamur dalam berbagai produk antara lain seperti kaos kaki, tisu basah, wadah penyimpanan makanan dan lain-lain (Khaydarov *et al.*, 2009).

Aktivitas antibakteri nanopartikel perak dipengaruhi oleh beberapa hal, 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). Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam, agen pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite *et al.*, 2006). Penelitian sintesis nanopartikel perak, garam perak yang biasa digunakan adalah perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Pengaruh konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  sebagai prekursor terhadap bentuk dan ukuran nanopartikel perak serta pengaruh konsentrasi nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri.

Ketersediaan sumber daya alam di Indonesia sangat berlimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh reduktor alami. Bioreduktor dapat diperoleh dari bahan alam yang mengandung senyawa antioksidan atau poliol yang dapat mereduksi perak (Arifin *et al.*, 2016). Penggunaan tumbuhan dalam proses sintesis ialah dengan memanfaatkan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam makhluk hidup. Terutama kandungan senyawa metabolit sekunder seperti terpenoid, flavonoid dan tanin yang memiliki aktifitas antioksidan (Shankar *et al.*, 2004).

Antioksidan mampu menghambat atau memperlambat kerusakan akibat proses oksidasi. Senyawa-senyawa yang memiliki kemampuan untuk mengoksidasi dapat dikatakan sebagai oksidator atau agen pengoksidasi. Oksidator melepas elektron dari senyawa lain, sehingga dirinya sendiri akan tereduksi. Salah satu tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi adalah daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) tanaman ini memiliki khasiat untuk pengobatan diabetes melitus, zat aktif yang biasa didapatkan pada daun belimbing wuluh antara lain adalah saponin dan tannin (Oktaviana *et al.*, 2016).

Daun belimbing wuluh mempunyai potensi sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel. Teknik sintesis nanopartikel disebut dengan *bottom up* atau dikenal pula sebagai proses *self assembly*, yang dilakukan dengan mencampurkan prekursor partikel dengan reduktor dan penstabil berupa bahan kimia anorganik. Salah satu agen penstabil adalah *Polyvinyl Alcohol* (PVA), agen penstabil ini memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak beracun, larut dalam air, serta kemampuan biokompatibel dan biodegradabel yang sangat bagus. Senyawa polimer ini mampu sebagai penghalang terjadinya proses aglomerasi dan proses oksidasi yang tidak diinginkan (Apriandanu *et al.*, 2013).

Penelitian ini akan dilakukan sintesis nanopartikel perak menggunakan *Polyvinyl Alcohol* sebagai agen penstabil dan ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) sebagai bioreduktor. Penelitian ini juga akan mempelajari pengaruh konsentrasi etanol pada sintesis nanopartikel perak, pengaruh konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  terhadap bentuk dan ukuran nanopartikel perak, pengaruh waktu pembentukan nanopartikel perak terhadap kestabilan ukuran partikel, serta pengaruh nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*.

## Metode

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *heating mantle* (elektrotermal), perangkat ekstraksi, neraca analitik digital (*Mettler Toledo* A1204), ayakan (50 mesh), *magnetic stirrer*, Spektrofotometer UV-Vis (*Spectroquant Pharo 300 M*), *Partikel Size Analyzer* (*Horiba SZ 100*), *Scanning Electron Microscope* (*Phenom pro X desktop SEM with EDX*). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun belimbing wuluh, perak nitrat dari *Sigma Aldrich*, etanol, polivinil alkohol dari *Merck* dengan *grade pro analyst*, kertas *Whatmann*, kertas cakram, nutrient agar (NA), *Amoxicilin* 2%, suspense bakteri *Escherichia coli* dan suspense bakteri *Bacillus subtilis* dari *Universitas Diponegoro*, aquades, aquabides.

Preparasi sampel dilakukan dengan mencuci bersih daun belimbing wuluh yang kemudian dikering-anginkan daun pada tempat yang teduh dan terhindar dari sinar matahari secara langsung hingga kering. Setelah kering daun belimbing wuluh di blender hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh. Ekstraksi daun belimbing wuluh mengacu pada penelitian yang dikembangkan oleh Aziziehas *et al.*,

(2014) dan Hazarika *et al.*, (2014) menggunakan soklet dengan menimbang 20 g serbuk daun belimbing wuluh dibungkus menggunakan kertas saring dan diekstraksi menggunakan 250 mL pelarut etanol dengan konsentrasi 96 % menggunakan alat soklet sampai uap pelarut yang dihasilkan menjadi tidak berwarna, selanjutnya ekstrak kasar disaring menggunakan kertas *Whatmann* sehingga dihasilkan larutan berwarna hijau pekat. Larutan tersebut digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak.

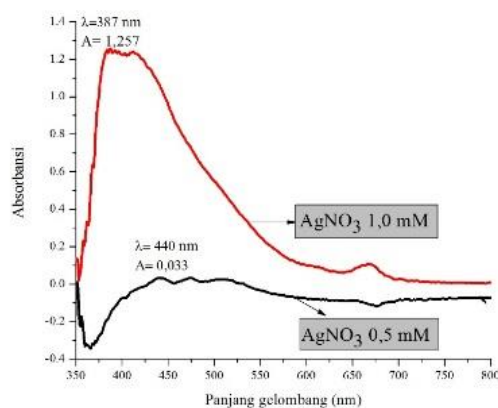
Sintesis nanopartikel perak akan dilakukan dengan mengadopsi serta mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Kudle *et al.*, (2013) dan Wahyudi *et al.*, (2011). Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi dengan cara mereaksikan 3 mL bioreduktor ekstrak daun belimbing wuluh yang di ekstraksi menggunakan larutan etanol dengan konsentrasi etanol 96%, masing-masing 40 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan konsentrasi 0,5 mM dan 20 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan konsentrasi 1,0 mM serta 12 mL PVA 1,5%. Proses penambahan larutan  $\text{AgNO}_3$  kedalam larutan bioreduktor ekstrak daun belimbing wuluh yang telah ditambahkan dengan PVA, dilakukan secara bertahap tetes demi tetes melalui buret sambil terus diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu ruangan. Indikator terbentuknya nanopartikel perak secara visual adalah dengan adanya perubahan warna larutan menjadi kekuningan hingga coklat. Nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA dan SEM.

Pengujian aktivitas antibakteri ini dilakukan secara kualitatif atau uji daya hambat mikroba yang mengacu pada penelitian Wahyudi *et al.*, (2011). Uji aktifitas antibakteri dilakukan dengan cara membasahi kertas cakram dengan larutan nanopartikel perak, letakan pada media NA yang ditumbuhkan bakteri uji yaitu *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*, kemudian dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Untuk tes positif pada bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* dilakukan dengan membasahi cakram dengan *Amoxicillin* 2% sedangkan untuk tes negatifnya dilakukan dengan menggunakan ekstrak+air. Uji positif dan negatif ini dilakukan sebagai kontrol. Daya hambat dapat diketahui dengan adanya daerah bening yang timbul disekitar kertas cakram.

### Hasil dan Pembahasan

Prinsip dari sintesis nanopartikel perak secara *green synthesis* adalah memanfaatkan bahan biologis seperti tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai bioreduktor. Berdasarkan hasil penelitian inibioreduktor ekstrak daunbelimbing wuluh ditambah dengan PVA larutan berwarna hijau tua, kemudian ditambahkan dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  tetes demi tetes sambil terus di aduk menggunakan magnetik stirrer selama 2 jam. Terjadi perubahan warna larutan menjadi kuning kecoklatan menunjukkan bahwa nanopartikel perak telah terbentuk. Penelitian ini sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  yaitu 0,5 dan 1,0 mM. Larutan dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM warna larutan lebih terang dibandingkan dengan larutan yang konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 Mm.

Terbentuknya nanopartikel perak tidak hanya lihat dari perubahan warna larutan tetapi juga bias dilihat dari munculnya  $\lambda_{\text{maks}}$  di kisaran 400-450 nm yang merupakan khas nanopartikel perak (Salomon *et al.*, 2007). Pada reduktor yang sama, dengan konsentrasi prekursor lebih besar membuat reduksi nanopartikel perak membutuhkan waktu yang lebih cepat terlihat dari perubahan warna dari kuning cerah menjadi kuning kecoklatan dan meningkatkan intensitas absorbansi pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM.

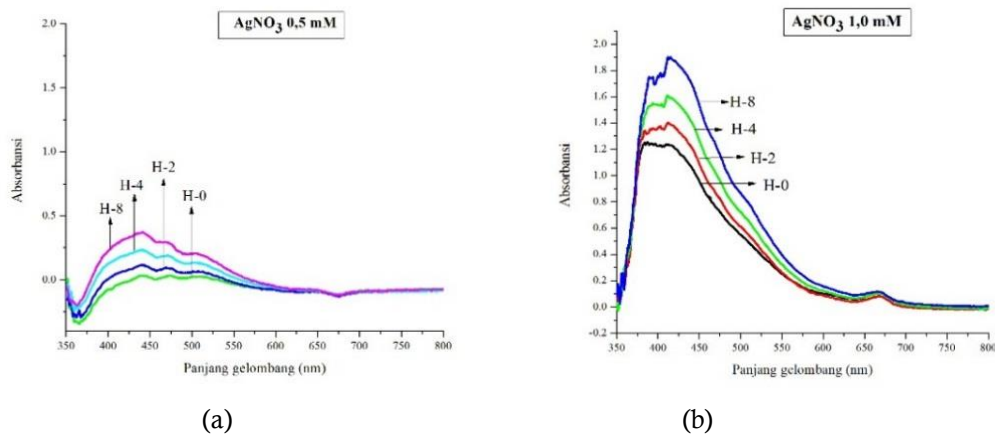


**Gambar 1.** Spektrum UV-Vis nanopartikel perak variasi konsentrasi  $\text{AgNO}_3$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis bahwa  $\lambda_{\text{maks}}$  yang diperoleh jauh dari serapan khas nanopartikel perak. Dimana hasil sintesis nanopartikel perak pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$

0,5 mM menunjukkan  $\lambda_{\text{maks}}$  yaitu 440 nm dengan nilai absorbansi 0,033. Nilai absorbansi yang kecil menunjukkan nanopartikel yang terbentuk juga sedikit, sedangkan pada hasil sintesis nanopartikel perak pada konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM memiliki  $\lambda_{\text{maks}}$  sebesar 387 nm dan nilai absorbansi 1,257, nilai panjang maksimum yang di bawah 400 nm dapat diartikan bahwa proses reduksi kimia belum berjalan secara sempurna nanopartikel yang terbentuk adalah  $\text{Ag}^+$ . Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sharma *et al.*, (2009) yang melaporkan bahwa hasil dari spektrofotometer pada panjang gelombang 400-450 nm nanopartikel perak yang terbentuk merupakan partikel  $\text{Ag}^0$ , sedangkan pada panjang gelombang 380-400 nm nanopartikel perak yang terbentuk adalah  $\text{Ag}^+$ , ini dapat diartikan bahwa proses reduksi secara kimia belum berjalan sempurna.

Pengukuran spektrum serapan menggunakan spektrofotometer UV-Vis juga dapat mengetahui kestabilan nanopartikel perak berdasarkan fungsi waktu. Kestabilan larutan koloid nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya (Wahyudi, 2011). Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan nanopartikel perak kurang dikarenakan telah terjadi aglomerasi. Hasil penentuan kestabilan nanopartikel perak hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 4. kestabilan nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 dan 1,0 mM dilakukan pengukuran setelah sintesis yaitu pada 0, 2, 4, dan 8 hari.



**Gambar 2.** Spektra UV-Vis: pengamatan kestabilan nanopartikel perak dalam selama 8 hari (a)  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM dan (b)  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM.

Hasil dari pengukuran kestabilan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Gambar 2. menunjukkan nanopartikel dari konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 dan 1,0 mM terlihat stabil, menurut Saware *et al.*, (2014) karena jumlah  $\text{Ag}^+$  yang tereduksi lebih sedikit sehingga ekstrak menjadi berlebih dan menyebabkan nanopartikel perak yang terbentuk lebih stabil. Jumlah  $\text{Ag}^+$  yang direduksi lebih banyak tetapi jumlah ekstrak berlebih sehingga nanopartikel yang terbentuk menjadi stabil. Nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM lebih stabil dibandingkan dengan nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM. Hal ini terlihat dari puncak pergeseran panjang gelombang pada nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  1,0 mM sekitar 387-412 nm, sedangkan pada nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM tidak terjadi perubahan puncak serapan panjang gelombang yang signifikan dari hari ke-0 sampai ke-8 yaitu 440-441 nm. Keadaan ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 mM maupun 1,0 mM hasil sintesis yang relatif cukup stabil. Penggunaan larutan PVA yang digunakan pada proses sintesis nanopartikel juga dapat mempengaruhi hasil yang stabil. Secara kualitatif semakin tinggi nilai absorbansi dapat diasumsikan nanopartikel yang terbentuk semakin banyak atau konsentrasi nanopartikel dalam larutan semakin tinggi.

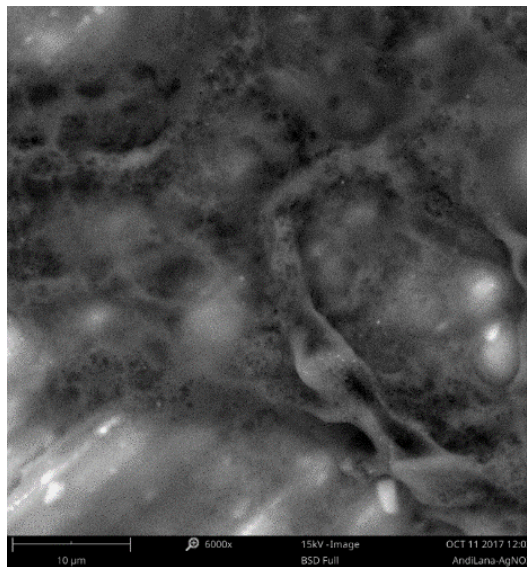
Hasil pengukuran dari PSA ini adalah untuk mengetahui distribusi ukuran dan keseragaman partikel. Hasil analisis ukuran partikel dari nanopartikel perak menggunakan alat PSA dengan variasi konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  0,5 dan 1,0 mM, dan waktu pembentukan setelah sintesis selama 8 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Ukuran nanopartikel perak dengan waktu pembentukan setelah sintesis

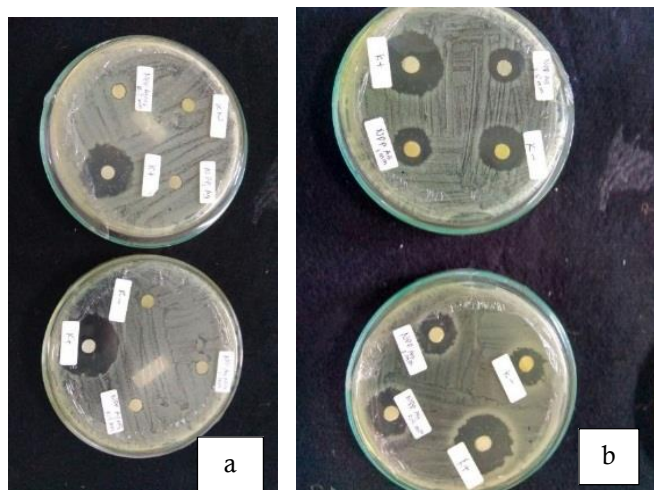
Konsentrasi AgNO <sub>3</sub> (mM)	Waktu pembentukan	Ukuran partikel (nm)
0,5	0	169,9
	2	168,5
	4	162,3
	8	166,5
1,0	0	139,7
	2	179,2
	4	112,8
	8	138,1

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan distribusi ukuran nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 0,5 mM pada hari ke-0 nanopartikel yang terbentuk sedikit dan ukuran rata-rata yaitu 167,9 nm, pada hari ke-2 ukuran rata-ratanya 168,5 nm, hari ke-4 ukuran rata-ratanya 162,3 nm dan pada hari ke-8 ukuran rata-ratanya menjadi 166,5 nm. Sedangkan pada nanopartikel dengan konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM adalah pada hari ke-0 ukuran rata-ratanya 139,7 nm, hari ke-2 ukuran rata-rata 179,2 nm, hari ke-4 ukuran rata-rata 112,8 nm dan pada hari ke-8 ukuran rata-ratanya adalah 138,1 nm. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan PSA dihasilkan ukuran yang jauh dari rentang nano dimana ukuran di katakan nanometer apabila ukuran kisaran 0-100 nm. Hasil pengukuran dengan PSA memperlihatkan bahwa ukuran nanopartikel hasil sintesis dengan variasi AgNO<sub>3</sub> 0,1 mM adalah 112,8 nm.

Penelitian ini perlu dilakukan pengukuran zeta potensial, karena zeta potensial adalah parameter muatan listrik antara partikel koloid. Pada sistem koloid, nilai potensial zeta yang tinggi akan memberikan stabilitas larutan untuk menolak agregasi. Sebaliknya, ketika nilai potensial zeta rendah maka daya tarik menarik muatan antar partikel dispersi melebihi daya tolak menolaknya hingga terjadi flokulasi. Koloid dengan nilai potensial zeta tinggi adalah elektrik stabil, sedangkan koloid dengan nilai potensial rendah cenderung akan mengental/flokulasi. Kegunaan dari zeta potensial adalah untuk mengetahui kestabilan suatu larutan, untuk memprediksi morfologi permukaan suatu partikel, untuk mengetahui muatan permukaan (*surface charge*).

**Gambar 3.** Morfologi nanopartikel perak AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM.

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk menunjukkan gambaran morfologi dari partikel. Selain itu analisis menggunakan SEM juga dapat memberikan informasi distribusi ukuran. Sampel yang dianalisis menggunakan SEM adalah sampel yang terbaik dan stabil dari sintesis nanopartikel perak yaitu konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM pada waktu pembentukan hari ke-4 yang memiliki ukuran rata-rata partikel terkecil yaitu 112,8 nm. Hasil pengamatan dengan menggunakan SEM dapat dilihat bahwa nanopartikel yang terbentuk sedikit bulat (*spherical*). SEM di ukur dengan perbesaran 6.000 x dan akselerasi tegangan sebesar 15 kv, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. morfologi dari nanopartikel perak terlihat tidak begitu jelas dan menampilkan gambar yang tidak fokus.



**Gambar 4.** Aktivitas antibakteri nanopartikel perak terhadap bakteri (a) *Escherichia coli* dan (b) *Bacillus subtilis*.

Pengujian untuk mengetahui aktivitas antibakteri nanopartikel perak hasil sintesis, pada penelitian ini uji antibakteri dilakukan terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis* dengan metode difusi cakram. Proses pengujian yaitu menggunakan cakram kertas yang telah direndam dalam nanopartikel perak kemudian ditempel pada media pertumbuhan bakteri dan diinkubasi selama 24 jam.

**Tabel 2.** Diameter zona hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *E. coli* dan *Bacillus subtilis*

Sampel	Diameter zona bening (mm)		Metode
	Pengulangan I	Pengulangan II	
NPP AgNO <sub>3</sub> 0,5 mM	7,0	5,1	Cakram ( <i>Bacillus subtilis</i> )
NPP AgNO <sub>3</sub> 1,0 mM	5,8	5,1	
Kontrol negatif (ekstrak belimbing wuluh+air)	4,6	4,7	
Kontrol positif (Amoxicilin 2%)	9,6	9,2	
NPP AgNO <sub>3</sub> 0,5 mM	0,7	0,7	Cakram ( <i>Escherichia coli</i> )
NPP AgNO <sub>3</sub> 1,0 mM	0,8	0,8	
Kontrol negatif (ekstrak belimbing wuluh+air)	-	-	
Kontrol positif (Amoxicilin 2%)	11,1	10,3	

Berdasarkan Gambar 4. terlihat bahwa nanopartikel perak memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini dapat dilihat dari lebar zona bening pada media yang telah ditanam bakteri. Semakin lebar zona bening yang ditimbulkan maka semakin kuat daya hambat senyawa tersebut terhadap pertumbuhan bakteri. Berdasarkan Tabel 2. Daya hambat nanopartikel perak terhadap bakteri *Bacillus subtilis* lebih kuat dibandingkan daya hambat bakteri *E. coli*. Menurut Arifin, *et al.* (2013), ketahanan bakteri Gram negatif, dalam hal ini bakteri *E. coli*, bisa dikaitkan dengan struktur dinding selnya. Bakteri Gram negatif memiliki penghalang permeabilitas yang efektif, yaitu lapisan tipis lipopolisakarida pada membran bagian luar yang dapat membatasi penetrasi larutan nanopartikel perak. Sedangkan bakteri Gram positif hanya memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih mudah diakses untuk permeasi oleh larutan nanopartikel perak.

Hasil menunjukkan bahwa lebar zona bening yang paling stabil dan jelas pada cakram yang direndam menggunakan nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM. Hal ini membuktikan bahwa nanopartikel perak dengan ukuran terkecil dan stabilitas yang baik memiliki kemampuan antibakteri yang lebih besar.

### Simpulan

Kondisi optimal sintesis nanopartikel perak dengan  $\lambda_{maks}$  412 nm diperoleh dengan konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM dan waktu pembentukan pada hari ke-4. Identifikasi ukuran partikel menggunakan PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak yang disintesis konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM mempunyai ukuran rata-rata 112,8 nm. Nanopartikel perak optimal yang dikarakterisasi menggunakan SEM memiliki gambaran morfologi sedikit berbentuk sedikit bulat (*spherical*) pada perbesaran 6.000 x dan akselerasi

tegangan sebesar 15 kv. Nanopartikel perak mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* lebih kuat dari pada bakteri *E. coli*. Hasil menunjukkan lebar zona bening yang paling stabil dan jelas pada cakram yang direndam menggunakan nanopartikel perak dengan konsentrasi AgNO<sub>3</sub> 1,0 mM.

#### Daftar Pustaka

- Apriandanu, D.O.B., S. Wahyuni, S. Hadisaputro dan Harjono. 2013. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Poliol dengan Agen Stabilisator Polivinilalkohol (PVA). *Jurnal MIPA*, 36(2): 156-168
- Arifin, N., Harjono, dan N. Wijayati. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Bioreduktor daun Jambu Biji (*Psidium guajava L.*) dengan Irradiasi *Microwave*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3): 195-201
- Azizinezhad, F., Z. Nasrullahi and S.K. Sadnezhaad. 2014. Synthesis of the Silver Nanoparticles with using of Camomile Plant. *European Journal of Experimental Biologi*, 4(2): 124-127
- Hazarika, D., A. Phukan, E. Saikia dan B. Chetia. 2014. Phytochemical Screening and Synthesis of Silver Nanoparticles using Leaf Extract of *Rhynchotechum Ellipticum*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(1): 672-674
- Khaydarov, R.R., Khaydarov, R.A., Estrin, Y., Evgrafova, S., Scheper, T., Endres, C. and Cho, S.Y. 2009. Silver Nanoparticles. *Nanomaterials: Risks and Benefits*, 4: 287-297
- Kudle, K.R., M.R. Donda, R. Merugu, Y. Prashanthi dan M.P.P. Rudra. 2013. Microwave Assisted Green Synthesis of Silver Nanoparticles using *Stigmaphyllon Littorale* Leaves, Their Characterization and Anti-microbial Activity. *International Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(1): 13-16
- Oktaviana, Y., Muhammad Z, R. Indah. 2016. *Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L) yang dimodifikasi 2,4,6-tritriol-1,3,5-Triazin untuk Sensor Melamin*. Makasar: Universitas Hasanudin
- Saware, K., B. Sawle, B. Salimath, K. Jayanthi, V. Abbaraju. 2014. Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles using *Ficus benghalensis* Leaf Extract. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(15): 868-874
- Shankar, S.S. 2004. Rapid Synthesis of Au, Ag and Bi, metallic Au Core–Ag Shell Nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) Leaf Broth. *Journal Colloid Interface Science*, 275(4): 496-502
- 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
- Solomon, S.D., M. Bahadory, A.V. Jeyarajasingam, S.A Rutkowsky, C. Boritz. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84(2): 322-325
- 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. ColloidInterface Sci.*, 275: 177-182
- Wahyudi, T., Sugiyana, D., Helmy, Q., 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. *Arena Tekstil*, 26(1): 1-60