

PREPARASI NANOPARTIKEL PERAK DENGAN METODE REDUKSI DAN APLIKASINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI PENYEBAB LUKA INFEKSI

Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection

Harits Atika Ariyanta

Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia

(haritasatika@yahoo.com)

ABSTRAK

Sintesis nanopartikel perak dan aplikasinya sebagai antibakteri penyebab luka Infeksi. Nanopartikel perak disintesis dengan metode reduksi. Natrium sitrat dipakai sebagai reduktor sekaligus sebagai stabilisator. Koloid nanopartikel perak yang terbentuk selanjutnya dianalisis karakteristiknya menggunakan Spektrometer UV-Vis, *Particle Size Analyser* (PSA) dan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa nanopartikel yang paling stabil adalah yang disintesis menggunakan natrium sitrat 1%. Karakterisasi dengan PSA menunjukkan nanopartikel perak yang terkecil berukuran 10 nm dengan ukuran rata-rata 26,4 nm. Karakterisasi menggunakan TEM menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbentuk adalah nanopartikel perak dengan struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC). Nanopartikel perak hasil sintesis diaplikasikan pada kain pembalut luka dengan lama perendaman terbaik selama 36 jam. Performa hasil perendaman dalam menghambat pertumbuhan bakteri dievaluasi melalui uji aktivitas terhadap bakteri penyebab infeksi, yaitu *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Hasil uji kuantitatif menunjukkan bahwa dengan perendaman selama 36 jam presentase reduksi bakteri mencapai 100%.

Kata kunci : Nanopartikel, perak, antibakteri, kain pembalut luka

ABSTRACT

*Synthesis of silver nanoparticles and their application as antibacterial for cause of wound infection have been reported. Silver nanoparticles were synthesized by reduction method. Sodium citrate was used as reductor and stabilizing agent. Colloidal silver nanoparticles were produced, then its characteristics were analyzed using UV-Vis Spectrometre, Particle Size Analyser (PSA) and Transmission Electron Microscope (TEM). The analysis of UV-Vis spectra found that the most stable silver nanoparticles were synthesized using sodium citrate 1%. The characterization with PSA found that the smallest particle size was 10 nm with the mean size of 26,4 nm. The characterization using TEM found that the nanoparticles produced were silver nanoparticles with a Face Centered Cubic (FCC) structure. Synthesized silver nanoparticles were applied to wound dressings with the best immersion period of 36 hours. The performance of the soaked wound dressing in supressing bacterial growth was assessed by activity test on infection causing bacterias, namely *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*. Results of the quantitative test showed that by immersing the wound dressing for 36 hours in synthesized silver nanoparticles, the percentage of bacterial reduction was up to 100%.*

Keywords : Nanoparticles, silver, antibacterial, wound dressing

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi nanopartikel atau sering disebut nanoteknologi telah terjadi baru-baru ini. Nanoteknologi secara umum dapat didefinisikan sebagai teknologi perancangan (design), pembuatan dan aplikasi struktur/material yang berdimensi nanometer. Nanoteknologi tidak hanya sebatas tentang cara menghasilkan material atau partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk cara memproduksi serta mengetahui kegunaan sifat baru yang muncul dari material nano yang telah dibuat. Koloid perak telah lama diketahui memiliki sifat antimikroba. Kemampuan antimikroba perak dapat membunuh semua mikroorganisme patogenik, dan belum dilaporkan adanya mikroba yang resisten terhadap perak.

Bentuk dan ukuran nanopartikel perak sangat penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antimikrobanya. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar efek antimikroba. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi ukuran partikel dalam sintesis, yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam dan agen pereduksi dan waktu reaksi.¹ Nanopartikel perak telah banyak dibuat dengan beberapa metode dan kondisi yang berbeda seperti metode reduksi kimia, foto kimia, sonokimia, radiasi ultrasonik, sintesis solvotermal, dll.² Diantara banyak metode yang dapat dilakukan, metode reduksi kimia dipilih sebagai metode yang paling efektif untuk menghasilkan nanopartikel perak. Hal ini disebabkan oleh langkah kerja yang mudah, cepat, murah, dan menggunakan temperatur rendah.

Pada umumnya ketika dilakukan preparasi nanopartikel logam dengan metode reduksi kimia, ion logam direduksi oleh agen pereduksi dengan penambahan agen protektif untuk menstabilkan nanopartikel. Stabilitas nanopartikel memegang peranan yang sangat penting terutama ketika nanopartikel tersebut dikarakterisasi dan diaplikasikan ke dalam sebuah produk.³ Pada penelitian ini sintesis nanopartikel perak akan dilakukan sesuai prosedur Mailu, *et al* karena prosesnya yang sederhana dan materialnya yang mudah didapatkan. Larutan perak nitrat direduksi menggunakan natrium sitrat yang konsentrasinya divariasikan dengan tujuan mengetahui pengaruh

konsentrasi pereduksi terhadap ukuran partikel. Karakterisasi produk yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Spektrometer UV-Vis, *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Transmission Electron Microscope* (TEM).⁴

Berdasarkan kegunaannya sebagai agen antibakteri, nanopartikel perak yang dihasilkan akan diaplikasikan sebagai lapisan antibakteri penyebab luka infeksi. Mikroba penyebab infeksi yang paling sering dijumpai adalah *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. Ketiga bakteri tersebut merupakan bakteri penghasil toksin yang berbahaya bagi manusia dan kebal terhadap antibiotik. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan upaya pengendalian kehidupan bakteri penyebab infeksi luka.

Berdasarkan pemaparan sebelumnya, pengendalian kehidupan bakteri dalam penyebab infeksi luka dalam penelitian ini dilakukan dengan menambahkan sifat antibakteri nanopartikel perak pada kain pembalut luka. Nanopartikel perak yang terdapat dalam kain pembalut luka akan bereaksi dengan cairan luka yang terdapat bakteri penyebab infeksi. Nanopartikel perak tersebut secara perlahan akan membebaskan ion perak yang dapat merusak RNA dan DNA bakteri sehingga menghambat replikasi bakteri. Replikasi bakteri yang terhambat akan menekan pertumbuhan bakteri sehingga penyembuhan luka akan semakin cepat. Penelitian ini bertujuan mengetahui preparasi nanopartikel perak dengan metode reduksi dan aplikasinya sebagai antibakteri penyebab luka infeksi.

BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat gelas (Pirex), *magnetic stirrer* (IKAMAG), oven, neraca analitik (Ohaus), Spektrometer UV-Vis (Simadzu tipe UV mini 1240), *Particle Size Analyzer* (Malvern), dan *Transmission Electron Microscope* (JEM-1400), *coloni counter*, cawan petri, inkubator, jarum ose, autoklaf, lampu spiritus. Bahan dari penelitian ini meliputi trisodium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$, 99%), perak nitrat (AgNO_3 , 99%), aquades steril, kain pembalut luka, *Nutrien Broth* (NB), *Nutrien Agar* (NA), suspensi bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*.

Sintesis nanopartikel perak dibuat dengan cara memanaskan 50mL AgNO₃ dengan konsentrasi 1,0 mM hingga mendidih dalam labu erlenmeyer. Pada larutan tersebut, tambahkan 5mL Na₃C₆H₅O₇ 1% tetes demi tetes. Selama proses pemanasan, campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga berwarna kuning pucat. Warna kuning pucat menandakan bahwa nanopartikel perak telah terbentuk.

Nanopartikel perak yang terbentuk kemudian dikarakterisasi. Dalam penelitian ini karakterisasi dilakukan menggunakan Spektrometer UV-Vis (Simadzu tipe UV mini 1240), *Particle Size Analyzer* (Malvern), dan *Transmission Electron Microscope* (JEM-1400).

Proses pelapisan nanopartikel perak pada kain pembalut luka, yakni dengan metode yang pernah dilakukan oleh Duran. Pembalut luka dipotong dengan ukuran 3x3 cm kemudian dicuci bersih, disterilkan dan dikeringkan. Kain pembalut luka yang bersih dan steril direndam dalam koloid sitrat-nanopartikel perak sambil diaduk menggunakan magnetik stirer selama 12 jam, 24 jam, dan 36 jam kemudian didiamkan 5 menit. Kain yang telah terlapis sitrat-nanopartikel perak dikeringkan kembali dengan oven pada temperatur 70°C selama 5 menit.⁵

Pengujian aktivitas antibakteri dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Uji kualitatif dilakukan sesuai dengan prosedur penelitian Wahyudi, sedangkan uji kuantitatif menggunakan metode *Shake flask* sesuai dengan prosedur yang dilakukan oleh Duran. Langkah-langkah pengujian meliputi :

Uji kualitatif dilakukan dengan merendam cakram kertas kedalam koloid nanopartikel perak kemudian ditempelkan pada permukaan NA. NA yang telah ditempel cakram kertas diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37°C. Hasil uji kualitatif dapat dilihat dengan mengamati besarnya zona bening yang terbentuk disekitar cakram kertas.⁶

Sedangkan pada uji kuantitatif, pembalut luka yang telah dilapisi dan belum dilapisi nanopartikel perak dengan ukuran 1x1cm dimasukkan kedalam *vial steril*. Dalam *vial steril* tersebut kemudian ditambahkan 0,8 ml aquades dan dikocok selama 10 menit. Setelah itu ditambahkan NB sebagai media pertumbuhan

bakteri sebanyak 2,2 mL sehingga volume total campuran menjadi 3 mL. Suspensi bakteri yang sebelumnya juga ditanam pada NB ditambahkan pada campuran tersebut sebanyak 10 µl. Campuran kemudian diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37°C. Setelah diinkubasi, campuran dari *vial* diambil 1 mL untuk ditanam dalam NA. Biakan bakteri dalam medium tersebut diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37°C dan kemudian dihitung jumlah koloninya menggunakan *coloni counter*.

Aktivitas antibakteri dapat ditentukan melalui % reduksi dari bakteri yang mampu bertahan hidup menggunakan rumus sebagai berikut⁵:

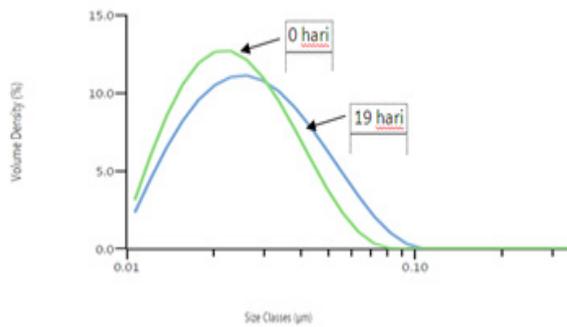
$$\text{Reduksi \%} = (B-A)/B \times 100$$

Dalam hal ini A merupakan jumlah koloni bakteri setelah diberi kain pembalut luka yang dilapisi nanopartikel perak dan B merupakan koloni bakteri setelah diberi kain pembalut luka yang tidak dilapisi nanopartikel perak.

HASIL

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan cara memvariasikan konsentrasi reduktor (C₆H₅O₇Na₃) yang digunakan. Hasil sintesis menunjukkan bahwa penambahan natrium sitrat dengan konsentrasi yang semakin besar menyebabkan ukuran nanopartikel perak yang terbentuk semakin kecil. Namun, ukuran partikel yang semakin kecil belum tentu juga memiliki stabilitas yang baik. Hal tersebut disebabkan oleh suatu nanopartikel memiliki kecenderungan untuk beraglomerasi. Partikel berukuran nanometer memiliki *surface area* spesifik yang sangat besar. Pada *surface area* yang besar ikatan kimia antar partikel membentuk dipol listrik yang kuat sehingga dapat beraglomerasi. Oleh karena itu, stabilisator dalam sintesis nanopartikel perak memiliki peran yang sangat penting.

Sintesis nanopartikel perak dengan konsentrasi reduktor 0,5% dan 1,0% menghasilkan nanopartikel dengan distribusi ukuran partikel yang cukup stabil. Hal tersebut terlihat pada Gambar 1 dan 2 yang menunjukkan bahwa pada hari ke 0 dan hari ke 19 distribusi ukuran partikel tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.



Sumber : Data Primer, 2013

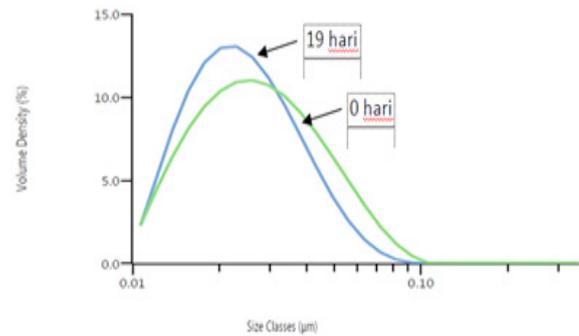
Gambar 1. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 0,5% pada 0 dan 19 Hari Setelah Sintesis

Berbeda dengan sintesis nanopartikel dengan konsentrasi reduktor 1,5% yang memiliki perbedaan cukup signifikan sehingga dapat dikatakan tidak stabil seperti pada Gambar 3.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran rata-rata nanopartikel perak pada hari ke 0 lebih besar dari ukuran rata-rata nanopartikel perak pada hari ke-19. Hal tersebut disebabkan pada hari ke-19 nanopartikel perak telah beraglomerasi bahkan membentuk lapisan mengkilap khas perak pada dasar vial. Oleh karena itu, pada saat akan dianalisis dengan PSA nanopartikel perak pada hari ke-19 disaring terlebih dahulu agar partikel perak yang besar tidak mengganggu proses analisis.

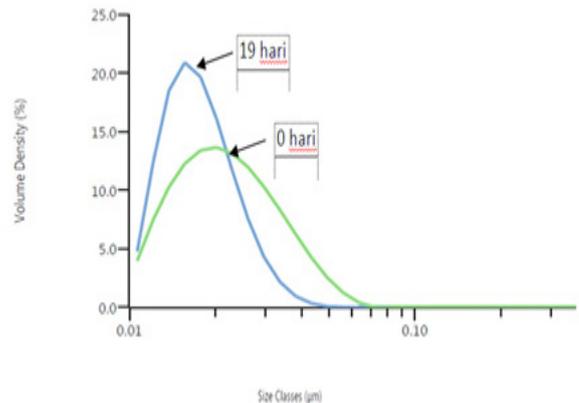
Ketika kain pembalut luka diujikan terhadap bakteri *Eschericia coli*, presentase reduksi bakteri tertinggi terdapat pada kain pembalut luka yang telah direndam dalam koloid nanopartikel perak selama 36 jam. Presentase reduksi bakteri tersebut mencapai 100%. Sedangkan kain pembalut luka dengan durasi perendaman 12 dan 24 jam dalam koloid nanopartikel perak secara berturut-turut memiliki presentase reduksi bakteri sebesar 97,54% dan 99,59% (Tabel 1).

Hal serupa juga terlihat pada uji kain pembalut luka terhadap bakteri *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Presentase reduksi bakteri tertinggi terdapat pada kain pembalut luka yang telah direndam dalam koloid nanopartikel perak selama 36 jam. Pada perendaman 36 jam



Sumber : Data Primer, 2013

Gambar 2. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 1% pada 0 dan 19 Hari Setelah Sintesis



Sumber : Data Primer, 2013

Gambar 3. Distribusi Ukuran Nanopartikel Perak dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 1,5% pada 0 dan 19 Hari Setelah Sintesis

persebaran nanopartikel perak diduga lebih merata dan lebih kuat menempel pada serat kain. Oleh karena itu, pada perendaman 36 jam aktivitas antibakteri menjadi lebih hebat dibandingkan dengan perendaman 12 dan 24 jam.

PEMBAHASAN

Prinsip koloid nanopartikel perak yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan cara menambahkan tetes demi tetes larutan pereduksi sekaligus penstabil, natrium sitrat ke dalam larutan $AgNO_3$ yang telah mendidih. Reaksi kimia yang terjadi:

Tabel 1. Hasil Uji Kuantitatif Aktivitas Antibakteri Kain Pembalut Luka yang Dilapisi Nanopartikel Perak terhadap Pertumbuhan Bakteri *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*

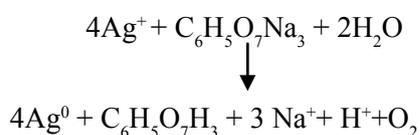
No.	Lama Perendaman (jam)	B (koloni)			A (koloni)			% Reduksi		
		SA	EC	BS	SA	EC	BS	SA	EC	BS
1.	12	298	244	247	15	6	25	94,97	97,54	89,88
2.	24	298	244	247	4	1	2	98,66	99,59	99,19
3.	36	298	244	247	2	0	0	99,33	100	100
Rata-rata								97,65	99,04	96,35

Sumber : Data Primer, 2013

Keterangan :

[A] = Jumlah Koloni bakteri setelah diberi kain pembalut luka yang dilapisi nanopartikel perak

[B] = Jumlah Koloni bakteri setelah diberi kain pembalut luka yang tidak dilapisi nanopartikel perak



Berdasarkan energi potensial reduksinya maka reaksi di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

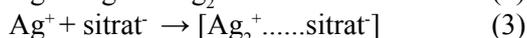
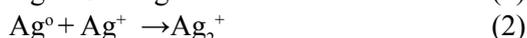
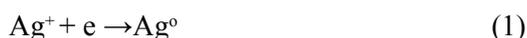


$$E^{\circ} \text{ sel} = E^{\circ} \text{ reduksi} - E^{\circ} \text{ oksidasi}$$

$$E^{\circ} \text{ sel} = 0,779 - 1,224$$

$$E^{\circ} \text{ sel} = -0,445$$

Harga energi potensial sel yang negatif menunjukkan bahwa reaksi di atas merupakan reaksi tidak spontan. Oleh karena itu, seharusnya reaksi tersebut tidak dapat berlangsung. Akan tetapi, reaksi antara ion Ag^+ dan ion $(C_6H_5O_7)^-$ dapat membentuk kompleks $[Ag^+ \dots \dots \text{ sitrat}]$ atau $[Ag_3(C_6H_5O_7)_{n+1}]^{3n-}$ yang memiliki peran lebih dominan dalam mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 secara perlahan sehingga reaksi tetap dapat berlangsung. Reaksi pembentukan kompleks dituliskan dalam reaksi berikut:



Ketika penambahan tetes demi tetes larutan natrium sitrat dalam $AgNO_3$ berakhir belum ada perubahan yang tampak secara signifikan. Larutan campuran masih jernih tidak berwarna.

Setelah waktu berjalan ± 9 menit dari penetesan natrium sitrat terakhir, reaksi yang terjadi adalah perubahan warna larutan secara bertahap menjadi kuning pucat hingga kuning kemerahan. Warna tersebut merupakan karakteristik dari koloid nanopartikel perak.⁷

Kestabilan larutan koloid nanopartikel perak dapat diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya. Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan larutan koloid nanopartikel perak rendah dikarenakan telah terjadi peristiwa aglomerasi. Hasil pengukuran koloid nanopartikel perak dari hasil sintesis menggunakan variasi konsentrasi reduktor (natrium sitrat) hingga periode waktu 7 hari. Nanopartikel perak yang direduksi menggunakan natrium sitrat 0,5% dan 1% keduanya berhimpitan dan memiliki puncak absorbansi diantara 418-419 nm. Keadaan ini menunjukkan bahwa koloid hasil sintesis relatif stabil. Natrium sitrat yang cenderung bermuatan negatif teradsorpsi oleh nanopartikel perak, sehingga menimbulkan gaya tolak menolak diantara partikel perak dan mencegah terjadinya aglomerasi. Berbeda dengan nanopartikel perak yang direduksi menggunakan natrium sitrat 1,5%, puncak absorbansi bergeser pada 458-459 nm. Hal ini terjadi karena dalam konsentrasi perak nitrat yang sama, nanopartikel perak hasil reduksi yang dihasilkan lebih banyak. Sehingga tumbukan antar partikel lebih sering terjadi dan akhirnya teraglomerasi.⁸

Penentuan ukuran nanopartikel perak serta distribusinya dilakukan dengan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Transmis-*

sion Electron Microscope (TEM). Kedua alat ini menghasilkan data yang dapat saling melengkapi. PSA menghasilkan data berupa distribusi ukuran nanopartikel perak, tetapi nilai ketelitian PSA lebih rendah daripada TEM. TEM dapat memperlihatkan morfologi dan diameter nanopartikel perak dengan nilai ketelitian tinggi, tetapi hanya dalam cuplikan sampel tertentu.⁹

Dengan konsentrasi perak nitrat yang sama, natrium sitrat dengan konsentrasi 1,5% mereduksi lebih banyak Ag^+ menjadi Ag^0 . Walaupun natrium sitrat memiliki kemampuan sebagai stabilisator, banyaknya Ag^0 yang terbentuk membuat tumbukan yang terjadi antar partikel lebih hebat sehingga terjadi aglomerasi. Sedangkan sintesis nanopartikel perak yang menggunakan konsentrasi natrium sitrat 0,5% membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menstabilkan nanopartikel perak yang terbentuk. Oleh karena itu, nanopartikel perak yang terbentuk mengalami aglomerasi lebih cepat sehingga nanopartikel perak cenderung memiliki ukuran rata-rata partikel yang lebih besar.¹⁰

Untuk mengetahui morfologi dan difraksi nanopartikel perak hasil sintesis, karakterisasi dilanjutkan dengan menggunakan *Transmission Electron Microscope* (TEM). Dalam penelitian ini sampel yang digunakan untuk karakterisasi TEM adalah nanopartikel perak yang direduksi menggunakan natrium sitrat 1%. Nanopartikel perak tersebut digunakan karena berdasarkan data hasil UV-Vis dan PSA merupakan nanopartikel perak yang paling stabil dibandingkan dengan nanopartikel perak yang direduksi menggunakan natrium sitrat 0,5% dan 1,5%. Hasil foto TEM menunjukkan adanya korelasi dengan ukuran nanopartikel perak yang dianalisis menggunakan PSA. Ukuran rata-rata nanopartikel perak yang terukur oleh PSA berkisar antara 26,4 – 30,6 nm. Hasil tersebut mirip dengan hasil TEM yang menunjukkan ukuran partikel mencapai 7,36 – 36,68 nm.

Selain untuk melihat diameter nanopartikel perak, karakterisasi TEM juga digunakan untuk mengetahui difraksinya. Berdasarkan pola difraksinya, struktur kristal nanopartikel perak dapat ditentukan secara teoritik dan eksperimen. Nilai m yang diperoleh dari hasil analisis data dicocokkan dengan tabel penentuan struktur kristal untuk mengetahui susunan struktur kristal. Ber-

dasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak pada penelitian ini mempunyai struktur *Face Centered Cubic* (FCC).

KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi reduktor yang menghasilkan nanopartikel perak dengan ukuran paling kecil dan stabil adalah natrium sitrat 1%. Hasil karakterisasi menggunakan PSA menunjukkan distribusi ukuran rata-rata nanopartikel perak terkecil 18,2 nm. Hasil karakterisasi dengan TEM menunjukkan ukuran diameter nanopartikel perak berdasarkan gambar morfologi nanopartikel peraknya. Diameter nanopartikel terkecil yang diperoleh dari analisis ini adalah 7,36 nm. Selain itu, dengan TEM dapat dilihat bahwa nanopartikel perak yang terbentuk memiliki struktur kristal *face centered cubic* (fcc) sesuai dengan data difraksinya. Presentase reduksi bakteri *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus* dalam durasi perendaman 36 jam secara berturut-turut mencapai 100%, 100% dan 99,33%. Disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk menggunakan metode yang berbeda untuk mendapatkan proses yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sileikaite, A, *et al.* Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution. *Materials Science*. 2006;12(4).
2. Guzman, M. G, Dille, J, Godet, S. Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *World Academy of Science*. 2008;43:357-64.
3. Haryono A, dkk. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*. 2008;2(3):155-63.
4. Mailu, S.N, Waryo, T.T. Determination of Anthracene on Ag-Au Alloy Nanoparticles/Overoxidized-Polypyrrole Composite Modified Glassy Carbon Electrodes. *Journal Sensors*. 2010;10(9449-9465).
5. Duran, N, Marcato, P.D. Antibacterial Effect of Silver Nanoparticles Produced by Fungal Process on Textile Fabrics and Their Effluent Treatment. *Journal of Biomedical Nanotech-*

- nology. 2007;3:203-8.
6. Wahyudi, T, Sugiyana, Helmy. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri E. Coli dan S. Aureus. Arena Tekstil. 2011;26(1):1-60.
 7. Ismul, H. A, Sumariah, Mohtar dan Dahlan. Penentuan Struktur Kristal AlMg₂ Alloy dengan Difraksi Neutron. Berkala Fisika. 2011;12(2):41-8.
 8. Sonia. Modifikasi Nanopartikel Perak dengan Kitosan sebagai Pendeteksi Ion Logam Berat [Skripsi]. Depok : Universitas Indonesia; 2012.
 9. Haryono, A, Sondari, D, Harnami, S.B, Randy M. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. Jurnal Riset Industri Online. 1999;2(3).
 10. Handayani A, Mardiana, N.R, Syambarkah A. Mobilisasi Nanopartikel Perak sebagai Senyawa Antimikroba pada Kemasan Produk Pangan [Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor; 2009.