

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN METODE POLIOL DENGAN AGEN STABILISATOR POLIVINILALKOHOL (PVA)

DOB Apriandanu[✉], S Wahyuni, S Hadisaputro, Harjono

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2013
Disetujui September 2013
Dipublikasikan Oktober 2013

Keywords:

polyvinylalcohol; polyol method; synthesis of silver nanoparticle; stabilizer agent

Abstrak

Nanopartikel perak merupakan produk berbasis nanoteknologi yang sedang berkembang saat ini dan dapat diaplikasikan sebagai katalis dan detektor sensor optik. Faktor yang dapat mempengaruhi ukuran nanopartikel adalah konsentrasi garam dan agen pereduksi. Nanopartikel perak bersifat tidak stabil. Oleh karena itu, perlu adanya penambahan polivinil alkohol sebagai agen stabilisator dalam sintesis nanopartikel perak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio mol reduktor EG/Ag⁺ dan % PVA (b/v) dalam sintesis nanopartikel perak terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Nanopartikel perak disintesis dengan metode poliol yaitu melarutkan AgNO₃ ke dalam etilen glikol sebagai reduktor dan polivinilalkohol (PVA) sebagai stabilisator. Karakterisasi dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscope*). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa nanopartikel yang relatif stabil pada pengukuran panjang gelombang maksimum 417 hingga 418 nm adalah nanopartikel yang disintesis menggunakan PVA 3%. Karakterisasi dengan TEM menunjukkan nanopartikel perak yang disintesis berdasarkan rasio mol etilen glikol terhadap Ag⁺ 50:1 memiliki ukuran terkecil dengan kisaran 10,15–27,56 nm dengan struktur kristal *face centered cubic* (FCC). Semakin tinggi rasio mol EG /Ag⁺ dalam sintesis nanopartikel perak, semakin tinggi pula peningkatan absorbansinya.

Abstract

Silver nanoparticles are nanotechnology based product which can be applied as a catalyst and optic sensor detector. The factors that can effect on nanoparticle size are salt concentration and reductor agent. Silver nanoparticles are unstable material, so polyvinylalcohol needs to be added as a stabilizer agent in their synthesis. The aims of this research are to find out the effect of mole ratio of EG/Ag⁺ reductor and % PVA (b/v) in silver nanoparticles synthesis toward the characteristic of the resulted product. Silver nanoparticles are synthesized by using polyol method by dissolving AgNO₃ into ethylen glycol as a reductor and polyvinylalcohol (PVA) as a stabilizer agent. Then, the characteristic of colloidal silver nanoparticles are analyzed by UV-Vis Spectrofotometre and TEM. The analysis of UV-Vis spectra showed that the most stable particle was silver nanoparticles which used polyvinylalcohol (PVA) 3 % on λ_{maks} 417 to 418 nm. The TEM's characterization showed that silver nanoparticles which were synthesized by mole ratio EG/Ag⁺ 50:1 had the smallest particle size by range of 10.15–27.56 nm with the structure of face centered cubic's (FCC) crystal. The higher of the mole ratio reductor EG/Ag⁺ in silver nanoparticle synthesis, the higher absorbance's increasing.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt 2 Kampus Sekaran Semarang 50229
E-mail: dewaoq09@gmail.com

Pendahuluan

Pada saat ini, teknologi yang sedang berkembang adalah teknologi berbasis nano atau sering disebut nanoteknologi. Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*) (Abdullah & Khairurijal 2010). Peran nanoteknologi begitu penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kesejahteraan kehidupan manusia. Nanopartikel telah banyak dikaji untuk berbagai aplikasi teknologi dan dalam penelitian ilmu material, kimia, fisika, biologi, dan ilmu lingkungan (Huang & Yang 2006). Nanopartikel merupakan suatu partikel dengan ukuran nanometer, yaitu sekitar 1–100 nm (Hosokawa *et al.* 2007). Material atau struktur yang mempunyai ukuran nano akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda dari material asalnya. Karakteristik spesifik dari nanopartikel tersebut bergantung pada ukuran, distribusi, morfologi, dan fasanya (Willems & Wildenberg 2005). Salah satu material yang disintesis sebagai nanopartikel adalah perak.

Hal yang perlu dikontrol dalam sintesis nanopartikel perak adalah ukuran, bentuk dan morfologinya (Mahendra *et al.* 2009). Bentuk dan ukuran nanopartikel perak sangat menentukan sifat optik, listrik, magnet, katalis dan antibakterinya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam, agen pereduksi dan waktu reaksi (Sileikaite *et al.* 2006).

Handaya *et al.* (2011) melakukan sintesis nano-koloid Ag dengan AgNO_3 sebagai bahan awal yang dilarutkan dalam berbagai jenis reduktor. Reduktor yang biasa digunakan adalah asam askorbat, natrium borohidrida dan trisodium sitrat kemudian ditambahkan zat stabilisator *polyvinylalcohol* (PVA). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pembuatan nanopartikel adalah metode poliol. Metode poliol ini pernah dilakukan oleh Kim *et al.* (2006) dalam sintesis nanopartikel yang berbentuk speris dari larutan garam nitrat dengan menggunakan agen pereduksi

ethylene glycol (EG) dan *polyvinylpyrrolidone* (PVP) sebagai agen stabilisator.

Nanopartikel perak dapat dihasilkan dari berbagai variasi metode meliputi fotokimia, sonokimia, radiasi ultrasonik, sintesis solvothermal, poliol dan reduksi kimia ion perak dengan atau tanpa agen stabilisator (Guzman *et al.* 2009).

Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan menggunakan metode poliol karena prosesnya yang sederhana dan materialnya mudah didapatkan (Kim *et al.* 2006). Penggunaan agen stabilisator dilakukan untuk mencegah aglomerasi koloid nanopartikel perak. Selain itu, metode poliol juga cocok untuk preparasi nano logam atau oksida logam dalam berbagai variasi bentuk. Secara khusus, nanopartikel perak yang berbentuk speris dengan monodispersitas yang tinggi dapat diperoleh dengan metode poliol.

Berdasarkan kegunaannya sebagai agen antibakteri, nanopartikel perak yang dihasilkan akan diaplikasikan sebagai lapisan antibakteri penyebab luka infeksi. Penyembuhan luka dalam waktu yang lama diakibatkan karena terinfeksi bakteri, borok-borok akibat penyakit diabetes, luka bernanah dan keluarnya cairan luka karena terinfeksi bakteri (Muttia 2009).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini diarahkan untuk melakukan sintesis nanopartikel perak menggunakan metode poliol yang sudah dilakukan Kim *et al.* (2006) yang dimodifikasi. Etilen Glikol (EG) digunakan sebagai reduktor terhadap prekursor AgNO_3 , sedangkan PVA digunakan sebagai stabilisator.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat alat gelas (Pirex), *magnetic stirrer* (Ikamag), oven, neraca analitik (AL20U Mettler Toledo). Untuk analisis dan pengujian digunakan Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1240) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) (Shimadzu CTLA-4). Bahan yang digunakan adalah aquademin, akuades, serta *polyvinylalcohol* (PVA), *ethylene glycol* ($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$), perak nitrat (AgNO_3) dengan *grade pro analyst* buatan Merck.

Sintesis nano Ag mengacu pada prosedur yang dilaporkan oleh Kim *et al.* (2006) yang

dimodifikasi. Prekursor AgNO_3 direduksi dengan EG dan distabilkan dengan menggunakan PVA.

Mula-mula AgNO_3 dengan konsentrasi $1 \times 10^{-3} \text{M}$ dilarutkan ke dalam *ethylene glycol* (EG) yang divariasikan volumenya (5 mL, 10 mL dan 20 mL) dari perhitungan rasio mol *ethylene glycol* (EG) terhadap Ag^+ (50:1; 20:1 dan 10:1). Pada larutan tersebut, tambahkan 20 mL PVA yang divariasikan dengan konsentrasi (1, 3, dan 5%) kemudian dipanaskan hingga mendidih pada temperatur 100°C dalam labu erlenmeyer. Selama proses pemanasan, campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga berwarna kuning pucat. Kemudian pemanasan dihentikan akan tetapi tetap dilakukan pengadukan hingga temperatur campuran menjadi temperatur kamar. Koloid nanopartikel perak yang terbentuk diamati dan diukur sampai hari ke-14 setelah sintesis dengan spektrofotometer UV-Vis. Selanjutnya, sampel koloid nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan TEM.

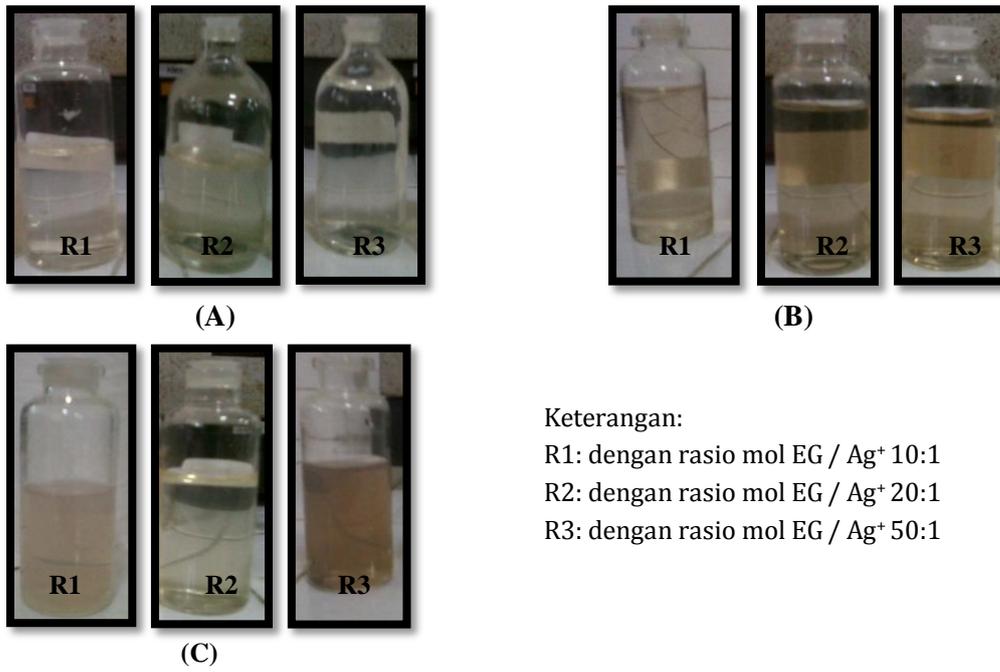
Hasil dan Pembahasan

Pada hari ke-1 setelah sintesis, koloid nanopartikel perak ada yang memiliki panjang gelombang maksimum kurang dari 400 nm. Tetapi, pada hari ke-14 semua koloid nanopartikel perak memiliki panjang gelombang maksimum lebih dari 400 nm. Lamanya penyimpanan berpengaruh terhadap kestabilan nanopartikel perak. Menurut Handaya *et al.* (2010) sampel hasil sintesis yang terbentuk pada panjang gelombang 400 nm hingga 450 nm merupakan nanopartikel perak (Ag^0), sedangkan sampel yang terbentuk pada panjang gelombang 370 nm hingga 400 nm merupakan ion perak (Ag^+). Pada hari ke-1 setelah sintesis,

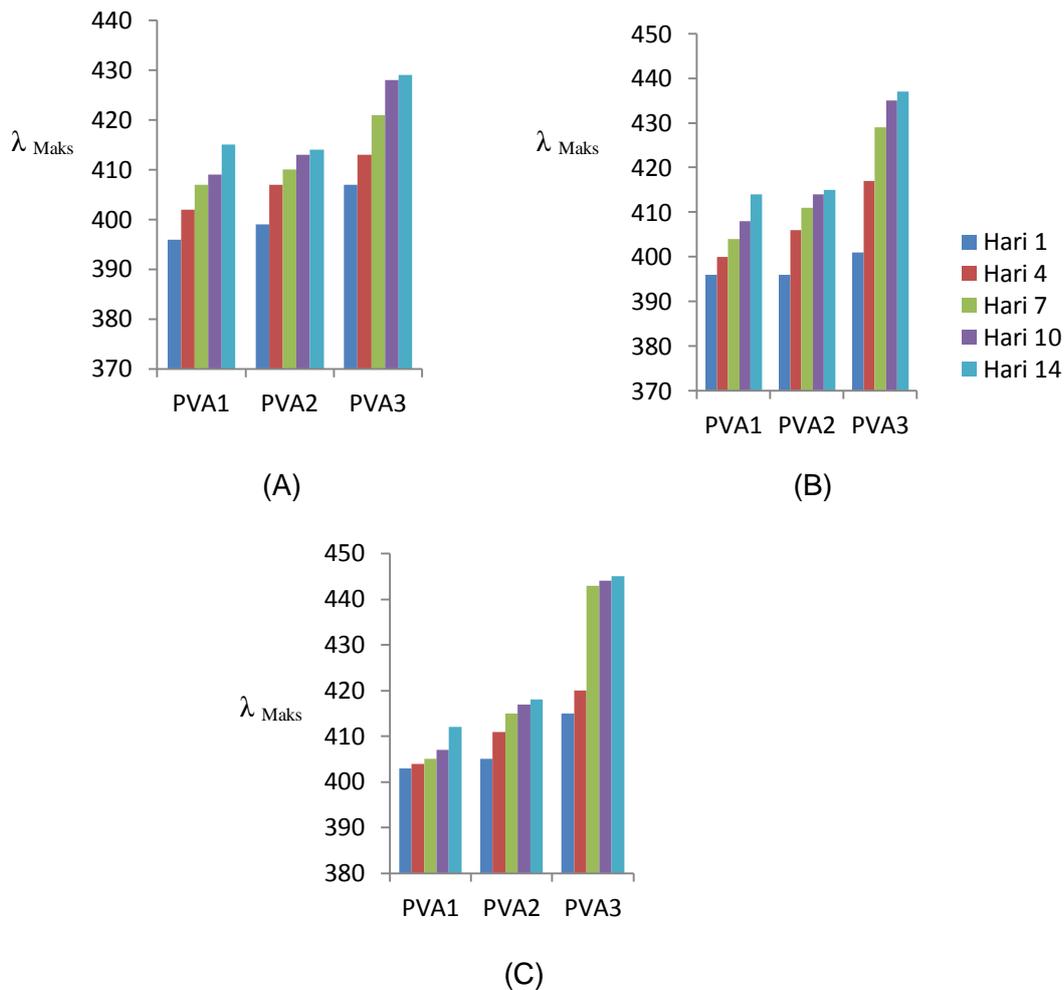
terbentuknya Ag^+ dapat diartikan bahwa belum semua Ag^+ tereduksi menjadi Ag^0 sehingga panjang gelombang maksimum koloid hasil sintesis masih kurang dari 400 nm.

Kestabilan koloid nanopartikel perak hasil sintesis diketahui melalui pengukuran menggunakan spektrofotometer. Kestabilan larutan koloid nanopartikel perak diketahui dari terjadinya perubahan puncak serapannya. Jika terjadi pergeseran puncak serapan ke panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa kestabilan koloid nanopartikel perak masih rendah dikarenakan telah terjadi peristiwa aglomerasi (Wahyudi *et al.* 2011).

Berdasarkan hasil penelitian ini, koloid nanopartikel perak yang terbentuk memiliki warna yang berbeda-beda, mulai dari kuning pucat, kuning jernih, kuning keruh. Menurut Handaya *et al.* (2010) nanopartikel perak hasil preparasi berbentuk koloid dengan hasil pengamatan terlihat bahwa warna koloid nanopartikel perak berbeda-beda, mulai dari kuning, transparan, atau krem/abu-abu. Warna logam nanopartikel sebenarnya tergantung dari bentuk dan ukuran nanopartikel serta konstanta dielektrik dari media lingkungannya. Koloid nanopartikel perak memperlihatkan warna-warna yang berbeda berdasarkan pada absorpsi cahaya dan pancaran pada daerah cahaya tampak, frekuensi pada getaran konduksi elektron-elektron yang merupakan respon terhadap medan listrik hasil radiasi elektromagnetik. Namun, hanya elektron-elektron dengan elektron bebas (seperti Au, Ag, Cu, dan logam alkali) yang memiliki resonansi plasmon pada spektrum cahaya tampak yang dapat memberikan warna yang baik. Hasil sintesis koloid nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Koloid nano Ag pada penambahan PVA (A) 1%, (B) 3%, (C) 5%



Gambar 2. Kestabilan nano Ag pada rasio mol EG/Ag⁺ (A) 10:1, (B) 20:1, (C) 50:1

Gambar 1B merupakan gambar koloid nanopartikel perak yang diharapkan dalam sintesis karena menghasilkan warna kuning pucat yang memiliki panjang gelombang maksimum dengan kisaran 410-420 nm. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa koloid nanopartikel hasil sintesis terbukti merupakan koloid dengan ukuran berskala nanometer. Zielinska *et al.* (2009) melakukan sintesis *nanocube* perak menggunakan PVP sebagai stabilisator. Spektra koloid perak yang dihasilkan berada pada panjang gelombang maksimum 410 nm. Spektra tersebut menunjukkan bahwa ion perak telah tereduksi menjadi Ag^0 dalam fasa cairan.

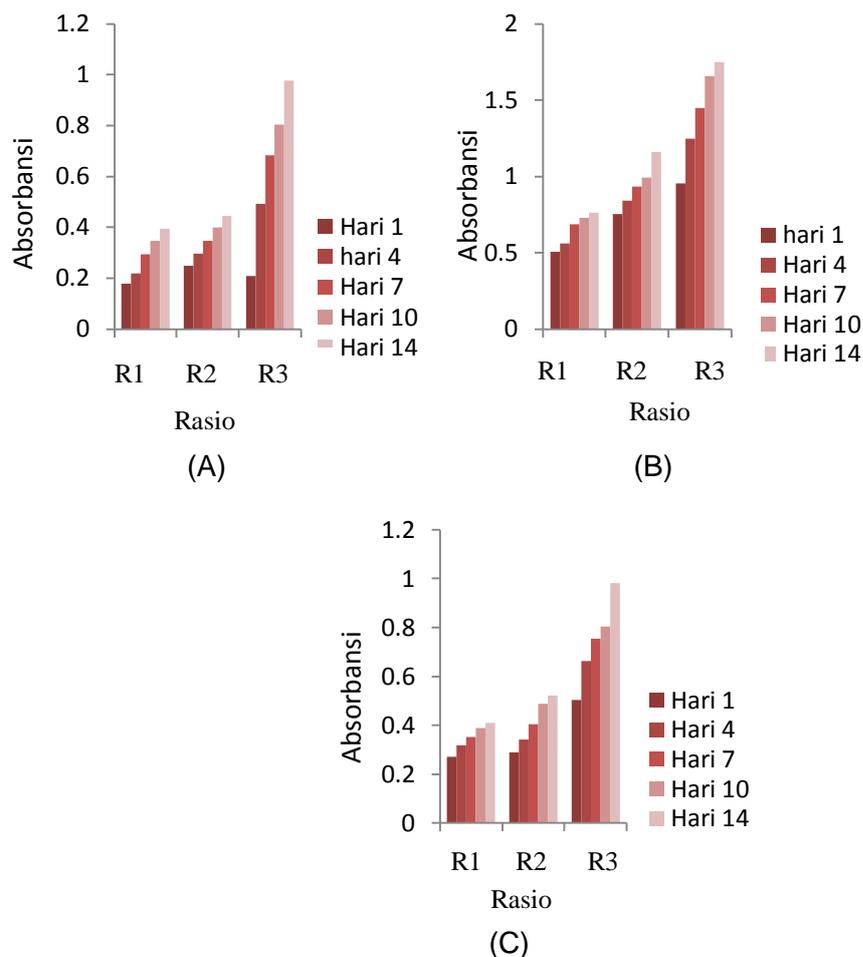
Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan PVA mempengaruhi kestabilan nanopartikel perak. Panjang gelombang maksimum koloid hasil sintesis mengalami pergeseran tiap hari hingga pengukuran pada hari ke-14. Dari Grafik A, B, dan C, nanopartikel perak dengan penambahan PVA 1 % memberikan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum yang bergeser yakni (415 nm, 414 nm, 412 nm) pada hari 14. Pada penambahan PVA 3 % memberikan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum yang bergeser menjadi (414 nm, 415 nm, 418 nm) pada hari-14. Akan tetapi pada penambahan PVA 5% justru memberikan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum pergeseran hingga (429 nm, 437 nm, 445 nm) pada hari-14 dan terdapat endapan hitam pada sampel.

Penambahan PVA 1% menghasilkan nanopartikel perak yang cukup stabil karena terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum yang kecil. Penambahan PVA 3% menghasilkan nanopartikel perak yang relatif stabil karena terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum yang paling kecil. Berbeda dengan penambahan PVA 5%, nanopartikel perak yang tidak stabil ditandai dengan pergeseran puncak absorbansi pada panjang gelombang maksimum lebih dari 420 nm 429 nm, 437 nm, 445 nm dan terdapat endapan hitam pada sampel. Endapan hitam menunjukkan bahwa koloid nanopartikel perak mengalami aglomerasi.

Hal ini terjadi karena stabilisator berperan untuk mengontrol ukuran nanopartikel perak. Apabila konsentrasi stabilisator yang ditambahkan di atas kondisi optimum (>3%) dapat mengakibatkan pencegahan stabilitas nanopartikel perak sehingga menyebabkan terjadinya proses aglomerasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Zhao *et al.* (2010) dalam sintesis nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi stabilisator, bahwa penggunaan stabilisator dapat mengontrol ukuran nanopartikel perak jika berada dalam kondisi konsentrasi optimum. Apabila konsentrasi stabilisator di atas kondisi maksimum, justru menyebabkan stabilitas nanopartikel perak dapat terganggu.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penambahan PVA 3% merupakan kondisi konsentrasi optimum dalam sintesis karena menghasilkan nanopartikel perak yang memiliki spektra panjang gelombang maksimum stabil yang ditandai dengan panjang gelombang maksimum yang tidak bergeser dan tetap berada pada kisaran 410-420 nm. Oleh karena itu, sampel ini selanjutnya akan dikarakterisasi menggunakan TEM untuk melengkapi data yang diperoleh menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Gambar 3 menunjukkan bahwa absorbansi semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu dari hari ke-1 sampai dengan hari ke-14. Gambar 3A, 3B dan 3C menunjukkan bahwa pada rasio mol EG/ Ag^+ 10:1, koloid nanopartikel perak di hari ke-1 memiliki puncak absorbansi 0,179; 0,505 dan 0,271 kemudian pada hari ke-14 puncak absorbansi meningkat menjadi 0,394; 0,762 dan 0,409. Pada rasio mol EG/ Ag^+ 20:1, koloid nanopartikel perak di hari ke-1 memiliki puncak absorbansi 0,249; 0,752 dan 0,289 kemudian pada hari ke-14 puncak absorbansi meningkat menjadi 0,445; 1,16 dan 0,523. Berbeda lagi pada rasio mol EG/ Ag^+ 50:1, koloid nanopartikel perak di hari ke-1 memiliki puncak absorbansi 0,209; 0,954 dan 0,504 kemudian pada hari 14 puncak absorbansi meningkat menjadi 0,977; 1,749 dan 0,982.



Gambar 3. Peningkatan absorbansi sampel pada penambahan (A) PVA 1 % (B) PVA 3 % (C) PVA 5 %

Rasio mol EG/Ag⁺ 50:1 pada sintesis nanopartikel perak menunjukkan peningkatan absorbansi yang terlihat relatif signifikan dibandingkan dengan rasio mol EG/Ag⁺ 20:1 dan 10:1. Hal tersebut terjadi diperkirakan karena pengaruh volume reduktor yang digunakan paling besar dan volume AgNO₃ yang digunakan paling kecil. Volume reduktor yang besar (20 mL) membuat reduksi nanopartikel perak membutuhkan waktu yang lama agar Ag⁺ tereduksi menjadi Ag⁰ seluruhnya sehingga terjadi peningkatan absorbansi secara signifikan.

Pada penelitian yang dilakukan Ariyanta (2013), sintesis nanopartikel perak menggunakan variasi konsentrasi reduktor juga menunjukkan adanya peningkatan absorbansi. Konsentrasi reduktor yang tinggi mengakibatkan reduksi nanopartikel perak membutuhkan waktu yang lama. Pada hari pertama sintesis, hanya sedikit Ag⁺ yang telah tereduksi menjadi Ag⁰ sehingga pada

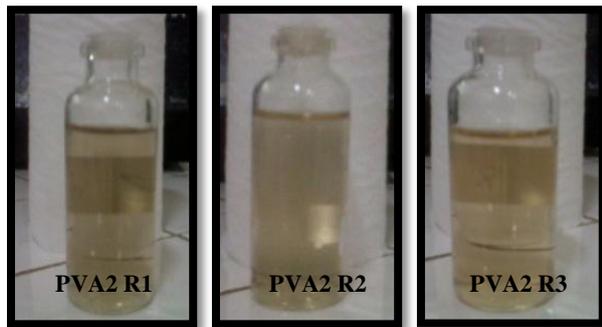
hari berikutnya mengalami peningkatan absorbansi yang signifikan agar Ag⁺ tereduksi menjadi Ag⁰ seluruhnya.

Pada penelitian ini, rasio mol EG/Ag⁺ 50:1 (EG 20 mL : AgNO₃ 35 mL) dalam sintesis nanopartikel perak memberikan peningkatan absorbansi yang relatif signifikan. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, semakin tinggi rasio mol EG/Ag⁺ dalam sintesis nanopartikel perak, akan menghasilkan peningkatan absorbansi sampel yang signifikan.

Karakterisasi dilanjutkan dengan menggunakan TEM untuk mengetahui morfologi dan difraksi nanopartikel perak hasil sintesis. Kode sampel yang digunakan untuk karakterisasi TEM adalah PVA2 R1, PVA2 R2 dan PVA2 R3 seperti terlihat pada Gambar 4. Hasil foto TEM ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 5 sampai dengan Gambar 10.

Tabel 1. Ukuran nanopartikel perak menggunakan karakterisasi TEM

Kode sampel	PVA	AgNO ₃ 1,0 x 10 ⁻³ M	C ₂ H ₄ (OH) ₂ 0.1 M	Ukuran terkecil (nm)	Ukuran terbesar (nm)
PVA2 R1		50 mL	5 ml	21.8	42.6
PVA2 R2	3 %	45 mL	10 ml	14.5	34.6
PVA2 R3		35 mL	20 ml	10.15	27.56



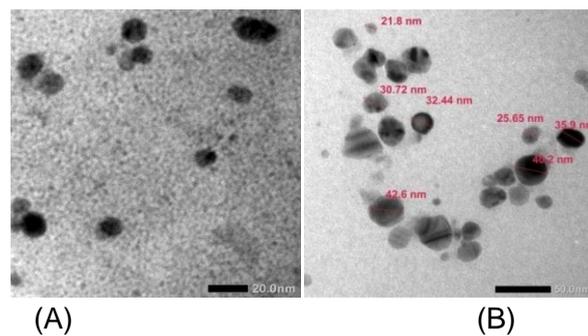
Keterangan:

PVA2 R1: Penambahan PVA 3% dengan rasio mol EG / Ag⁺ 10:1

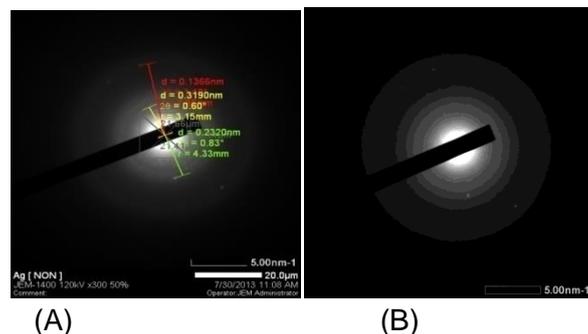
PVA2 R2: Penambahan PVA 3% dengan rasio mol EG / Ag⁺ 20:1

PVA2 R3: Penambahan PVA 3% dengan rasio mol EG / Ag⁺ 50:1

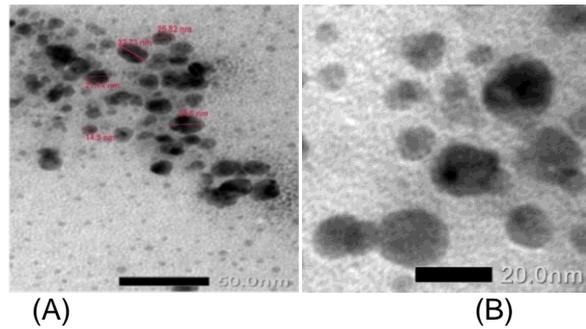
Gambar 4. Sampel nano Ag yang dikarakterisasi dengan TEM



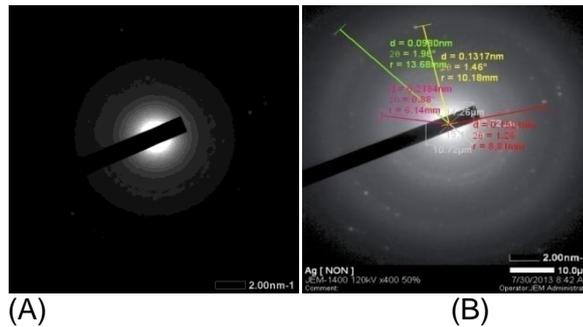
Gambar 5. Hasil foto TEM nanopartikel perak kode sampel PVA2 R1 hasil sintesis pada perbesaran 150.000x (A) dan 100.000x (B)



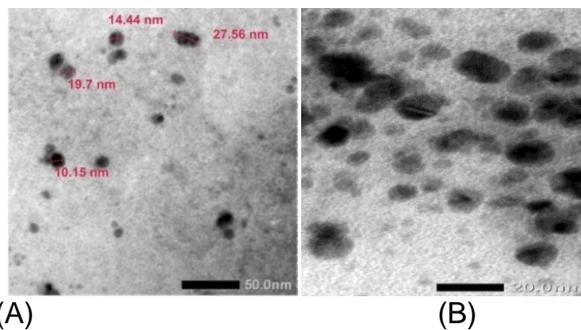
Gambar 6. Pola difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R1 sebelum (A) dan sesudah (B) terukur data difraksinya



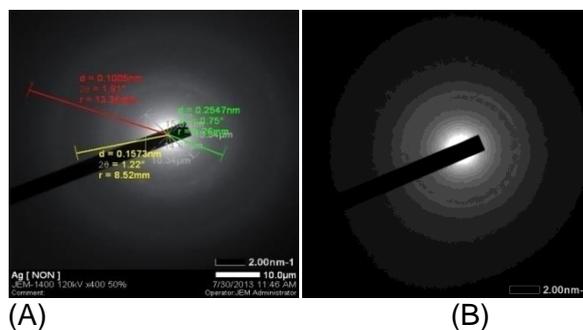
Gambar 7. Hasil foto TEM nanopartikel perak kode sampel PVA2 R2 hasil sintesis pada perbesaran 150.000x (A) dan 100.000x (B)



Gambar 8. Pola difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R2 sebelum (A) dan sesudah (B) terukur data difraksinya



Gambar 9. Hasil foto TEM nanopartikel perak kode sampel PVA2 R3 hasil sintesis pada perbesaran 150.000x (A) dan 100.000x (B)



Gambar 10. Pola difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R3 sebelum (A) dan sesudah (B) terukur data difraksinya

Berdasarkan hasil analisis TEM, rasio mol EG/Ag⁺ 50:1 dapat menghasilkan ukuran partikel perak yang paling kecil yaitu 10,15 nm. Menurut Wahyudi (2011), kelebihan reduktor dalam larutan ikut berperan dalam menstabilkan nanopartikel perak yang terbentuk. Penggunaan PVA 3% dalam sintesis juga dapat menghambat pertumbuhan nanopartikel perak dan mencegah terjadinya aglomerasi sehingga partikel tidak tumbuh membesar. Hal ini yang mengakibatkan pada kode sampel PVA2 R3 menghasilkan ukuran partikel perak yang paling kecil. Oleh karena itu, PVA dalam konsentrasi yang sama yang berperan mempertahankan dan menstabilkan nanopartikel perak yang berjumlah sedikit, secara efektif dapat menghasilkan nanopartikel perak yang memiliki ukuran yang kecil. Sintesis nanopartikel perak yang dilakukan Kim *et al.* (2006) dengan memvariasikan rasio mol reduktor terhadap prekursor AgNO₃ ternyata menghasilkan nanopartikel dengan

berbagai ukuran. Hal ini menunjukkan bahwa koloid nanopartikel hasil sintesis terbukti memiliki distribusi morfologi dan ukuran partikel yang tergantung pada berbagai kondisi reaksi seperti konsentrasi AgNO₃ serta rasio mol reduktor terhadap garam AgNO₃.

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. Secara teoritik struktur kristal dapat ditentukan menggunakan rumus pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4 seperti yang dijelaskan oleh Klug & Alexander (1974).

Nilai *m* yang diperoleh dari analisis data di atas dicocokkan dengan tabel penentuan struktur kristal untuk mengetahui susunan struktur kristal, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 2. Analisis Data Difraksi Nanopartikel Kode Sampel PVA2 R1 Secara Teoritik

No	2θ (°)	$\text{Sin}^2\theta$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}}$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 2$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 3$	<i>M</i> ($h^2 + k^2 + l^2$)	Hkl
1	0,60	$2,742 \times 10^{-5}$	1	2	3	3	111
2	0,83	$5,246 \times 10^{-5}$	2,580	5,160	7,740	8	220
3	1,40	$1,493 \times 10^{-4}$	5,445	5,294	16,335	16	400

Tabel 3. Analisis Data Difraksi Nanopartikel Kode Sampel PVA2 R2 Secara Teoritik

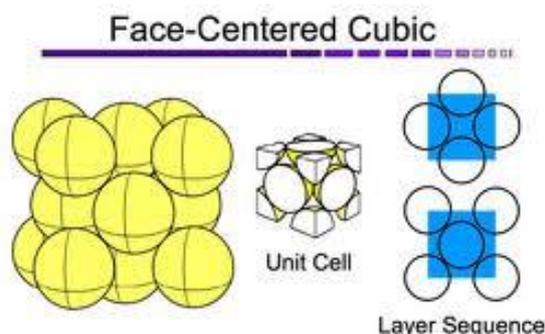
No	2θ (°)	$\text{Sin}^2\theta$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}}$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 2$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 3$	<i>M</i> ($h^2 + k^2 + l^2$)	Hkl
1	0,88	$5,897 \times 10^{-5}$	1	2	3	3	111
2	1,26	$1,209 \times 10^{-4}$	1,470	2,294	4,41	4	200
3	1,46	$1,623 \times 10^{-4}$	2,752	5,504	8,256	8	220
4	1,96	$2,925 \times 10^{-4}$	5,293	10,586	15,880	16	400

Tabel 4. Analisis Data Difraksi Nanopartikel Kode Sampel PVA2 R3 Secara Teoritik

No	2θ (°)	$\text{Sin}^2\theta$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}}$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 2$	$\frac{\text{Sin}^2\theta}{\text{Sin}^2\theta_{\text{min}}} \times 3$	<i>M</i> ($h^2 + k^2 + l^2$)	Hkl
1	0,75	$4,284 \times 10^{-5}$	1	2	3	3	111
2	1,22	$1,133 \times 10^{-4}$	2,645	5,290	7,935	8	220
3	1,91	$2,778 \times 10^{-4}$	6,485	12,970	19,455	20	420

Tabel 5. Penentuan Struktur Kristal Berdasarkan Nilai hkl (Ismul *et al.* 2011)

Struktur Kristal	$h^2 + k^2 + l^2$
<i>Simple Cubic (SC)</i>	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,.....
<i>Body Centered Cubic (BCC)</i>	2,4,6,8,10,12,14,16,.....
<i>Face Centered Cubic (FCC)</i>	3,4,8,11,12,16,19,20,24,27,.....



Gambar 11. Struktur kristal *face centered cubic* (FCC)

Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa nanopartikel perak pada penelitian ini mempunyai struktur *Face Centered Cubic* (FCC). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbentuk merupakan nanopartikel perak sesuai JCPDS Ag yang

mempunyai hkl {111}, {200}, {220}, {311}. Adapun ilustrasi struktur kristal nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 11.

Hasil penelitian juga didukung oleh data eksperimen dengan mencocokkan data JCPDS Ag. Data eksperimen yang diperoleh dari hasil karakterisasi TEM dapat dilihat pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 8. Nilai *d* (jarak antar bidang) yang ditunjukkan pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 8 yang memiliki kemiripan dengan nilai *d* pada JCPDS Ag. Kemiripan tersebut menunjukkan bahwa kode sampel PVA2 R1, PVA2 R2 dan PVA2 R3 nanopartikel hasil sintesis pada penelitian ini merupakan nanopartikel perak. Sampel V merupakan sampel yang memiliki kemiripan yang lebih besar karena dari nilai *d* yang diperoleh dengan tiga diantaranya sama dengan nilai *d* pada JCPDS Ag yaitu {111}, {200}, {220}. JCPDS Ag dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 6. Data difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R1

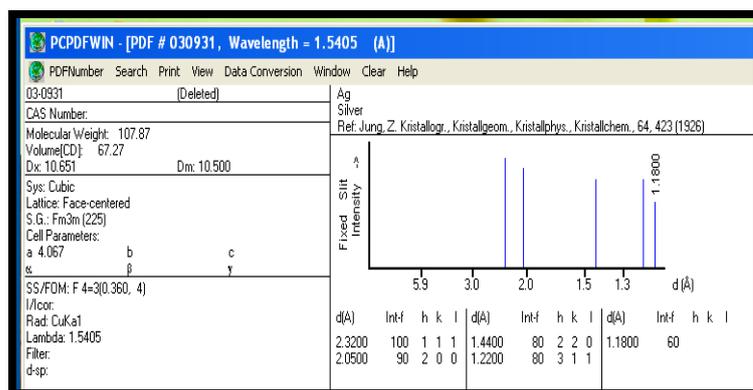
No.	$2\theta(^{\circ})$	<i>D</i>		<i>r</i> (mm)
		(nm)	(Å)	
1	0,60	0,3190	3,190	3,15
2	0,83	0,2320	2,320	4,33
3	1,40	0,1366	1,366	7,36

Tabel 7. Data difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R2

No.	$2\theta(^{\circ})$	<i>D</i>		<i>r</i> (mm)
		(nm)	(Å)	
1	0,88	0,2184	2,184	6,14
2	1,26	0,1521	1,521	8,81
3	1,46	0,1317	1,317	10,18
4	1,96	0,0980	0,980	13,68

Tabel 8. Data difraksi nanopartikel perak kode sampel PVA2 R3

No.	$2\theta(^{\circ})$	<i>D</i>		<i>r</i> (mm)
		(nm)	(Å)	
1	0,75	0,2547	2,547	5,26
2	1,22	0,1573	1,573	8,52
3	1,91	0,1005	1,005	13,34



Gambar 12. Join committee on powder diffraction standard (JCPDS) Ag

Penutup

Rasio mol EG/Ag⁺ 50:1 (EG 20 mL : AgNO₃ 35 mL) memberikan peningkatan absorbansi nanopartikel perak paling besar. Semakin tinggi rasio mol EG/Ag⁺ dalam sintesis nanopartikel perak, semakin tinggi pula peningkatan absorbansinya. Penambahan PVA 3% pada kode sampel PVA2 menghasilkan nanopartikel perak yang relatif stabil pada pengukuran panjang gelombang maksimum 417-418 nm. Oleh karena itu, Penambahan PVA 3% merupakan kondisi konsentrasi optimum dalam sintesis nanopartikel perak. Hasil analisis Spektrometer UV-Vis dan TEM menunjukkan bahwa kode sampel PVA2 R3 berdasarkan rasio mol EG /Ag⁺ 50:1 dengan penambahan PVA 3% merupakan koloid nanopartikel perak yang relatif stabil dengan struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC) dengan ukuran terkecil yaitu 10,15 nm.

Daftar Pustaka

- Abdullah M & Khairurijal. 2010. Karakterisasi Nanomaterial: Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data. Bandung: CV. Rezeki Putera Bandung
- Guzman MG, Jean D & Stephan G. 2009. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *Int J Chem Biomol Eng* 2: 3
- Handaya A, Laksmono JA & Haryono A. 2011. Preparasi koloid nanosilver menggunakan stabilizer polivinil alkohol dan aplikasinya sebagai antibakteri pada bakteri *S. aureus* dan *E. coli*. *J Kim Ind*
- Hosokawa M, Nishino J & Kanno Y. 2007. *Nanoparticle Technology Handbook*, 1st edition. UK: Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP
- Huang H & Yang X. 2006. Synthesis of polysaccharide-stabilized gold and silver. *J Nanopart: A Green Method Carbohyd Res* 339: 2627-2631
- Ismul AH, Sumariah, Dahlan M & Mohtar. 2011. Penentuan struktur kristal al mg alloy dengan difraksi neutron. *J Fisika* 14: 41-48
- Kim D, Jeong S & Moon J. 2006. Synthesis of silver nanoparticles using the polyol process and the influence of precursor injection. *Inst Phys Publishing* 4019
- Klug HP & Alexander LE. 1974. *X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*, 2nd Edition. California: University of California
- Mahendra R, Yadav A & Gade A. 2009. Nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol Adv* 27: 76-83
- Muttia T. 2009. Peran serat alam untuk bahan baku tekstil medis pembalut luka (wound dressing). *Arena Tekstil* 24: 60-112
- Sileikaite A, Igoris P, Judita P, Algimantas J & Asta G. 2006. Analysis of silver nanoparticles produced by chemical reduction of silver salt solution. *Mater Sci* 12: 287-291
- Wahyudi T, Doni S & Qomarudin H. 2011. Sintesis nanopartikel perak dan uji aktivitasnya terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. *Arena Tekstil* 26: 55-60
- Willems & Wildenberg VD. 2005. *Roadmap Report on Nanoparticle*. Barcelona, Spain: W & W Españas

- Zhao T, Sun RS, Yu S, Zhang Z, Zhou L, Huang H & Du R. 2010. Size controlled preparation of silver nanoparticles by a modified polyol method. *Colloids Surf A: Physicochem Eng Aspects* 366: 197-202
- Zielinska A, Skwarek E, Zaleska A, Gazda M, & Hupka J. 2009. *Preparation of Silver Nanoparticles with Controlled Particle Size*. *Procedia Chemistry* 1: 1560-1566