

The Effect of Molecular Weight of PEG (*Polyethylene Glycol*) on Electrical Conductivity and Corrosion Rate of Encapsulated Silver Nanoparticles

MARKUS DIANTORO^{1,*}, AGUNG KURNIAWAN¹, ABDULLAH FUAD¹

¹Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang
E-mail: markus.diantoro.fmipa@um.ac.id

¹Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang
E-mail: abduhloh.fuad@fmipa.ac.id

¹Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang
E-mail: kagung64@gmail.com

*) PENULIS KORESPONDEN

TEL: 0341-559577; FAX: 0341-559577

ABSTRAK: It has been successfully synthesized silver nano particles via sonochemical methods which produced particles in the range of 25 to 50 nm. TEM measurement results for nanoparticle size distribution AgPEG 20000 produces an average of 70.59 nm. The solution was stirred for half an hour in methanol. The next stage of the silver nanoparticles encapsulated by dissolved in 1% PEG Mw (PEG 400, PEG 4000, PEG 6000, PEG 20000). A vigorous stirring was applied to nano Ag-PEG and then sonicated to obtain a homogeneous nanoAg-PEG. Samples were then characterized using XRF, XRD, SEM EDX and TEM. Increasing molecular weight of PEG used in encapsulation give rise to reduce its electrical conductivity. A typical conductivity of AgNP-PEG 20000 reached up to $1,42 \times 10^5 \Omega m^{-1}$. The corrosion rate of the samples against acid is decrease by increase of molecular weight of PEG coating. PEG 20000 showed the highest stability with a corrosion rate of 2.50×10^{-4} cm/hour.

Kata Kunci: Silver nanoparticles, PEG, encapsulation, conductivity, corrosion rate.

PENDAHULUAN

Dewasa ini, peran nanoteknologi menjadi penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan aplikasi teknologi untuk kesejahteraan kehidupan manusia. Untuk tujuan itu fabrikasi partikel berskala nanometer dan pelapisan partikel magnetik dengan polimer organik merupakan cara yang efektif dan semakin banyak dikaji (Prabhu dkk, 2011). Nanopartikel perak memiliki sifat yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam berbagai bidang antara lain sebagai katalis, detektor sensor optik, dan agen anti mikroba (Bushan, 2010). Dalam bidang elektronika salah satu kegunaan nanopartikel perak yaitu digunakan sebagai sensor pendeteksi ammonia (Pandey, dkk., 2012).

Dalam bidang medis, nanopartikel yang digunakan sebagai agen antimikroba, misalnya sebagai perban (Kulkarni dkk, 2014). Sifat antibakteri

nanopartikel perak sangat bergantung pada ukuran partikel. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak semakin besar efek antibakterinya (Guzman dkk, 2009). Nanopartikel perak dapat merembes melalui membran sel kemudian mencegah sintesis protein selanjutnya terjadi penurunan permeabilitas membran, dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Montazer dkk, 2012, Prabhu dkk. 2012).

Dalam berbagai aplikasi termasuk dalam bidang medis, agar dapat berfungsi sebagai agen pembawa harus dilakukan pembungkusan dengan polimer atau keramik lain seperti karbon. Pembungkusan ini bertujuan untuk mencegah nanopartikel perak dari sifat korosif (Mishra, dkk, 2013). Sejauh ini belum ditemukan kajian komprehensif pembungkusan nano partikel perak menggunakan *polyethylene glycol* (PEG) dengan berbagai panjang ikatan atau berat molekul. Dalam penelitian ini

dilakukan pembungkusan nanopartikel perak menggunakan PEG melalui metode sonokimia. Hasil dari metode ini diharapkan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan lebih homogen daripada metoda *electrochemical reaction* (Virginia dkk, 2013).

METODE PENELITIAN

Sintesis nanopartikel perak sebelumnya menggunakan metode reduksi kimia telah berhasil dilakukan oleh Mailu dkk, (2010). AgNO_3 perak nitrat, Sodium borohidrida NaBH_4 sebagai reduktor, dan asam *mercaptosuccinic* ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{S}$) sebagai stabilisator. Pelarut konvensional yang digunakan adalah aquades dan metanol. Untuk larutan pertama disiapkan dengan melarutkan MSA $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4\text{S}$ sebanyak 0,03 M dalam metanol 400 mL kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik dalam labu yang didinginkan menggunakan es. Selanjutnya ditambahkan larutan kedua yang terdiri atas perak nitrat 340 mg dalam 6,792 mL aquades. Kedua larutan tersebut diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan menambahkan *sodium borrohydride* 756,6 mg dalam 100 mL tetes demi tetes. Larutan akhir tetap dilakukan pengadukan selama 30 menit dengan laju kecepatan 700 rpm pada suhu 5-10 °C dan selanjutnya disaring.

Serbuk nanopartikel Ag yang terbentuk kemudian ditambahkan PEG dengan berat molekul yang berbeda. Mencampurkan 50 mL larutan PEG dengan berat molekul yang berbeda yaitu PEG 400, PEG 4000, PEG 6000, PEG 20000 dengan 0,2 gram nanopartikel perak. Setiap campuran daduk selama 3 jam dengan pengaduk magnetik dengan laju 1000 rpm kemudian dilakukan ultrasonikasi selama 3 jam pada suhu 50 °C. Partikel Ag yang telah terbungkus PEG dikeringkan dan dikeringkan pada suhu 80 °C selama 4 jam.

Sampel yang terbentuk dikarakterisasi dengan XRD, SEM dan TEM. Ukuran partikel ditentukan dengan memakai persamaan Scherrer (Shameli, 2012):

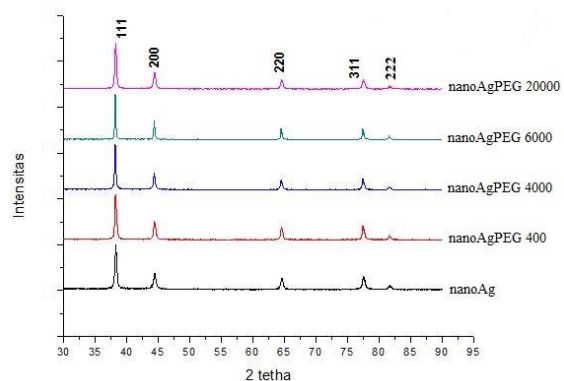
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

Pengukuran konduktivitas listrik menggunakan metode 4 titik *probe*. Laju korosi dikarakterisasi menggunakan metode kehilangan berat atau *weight loss* atau WGL. Metoda ini dilakukan dengan merendam sampel logam dalam media korosif tertentu (Basuki, 2012). Metoda ini mengacu standard ASTM G-1 laju korosi. Nanopartikel perak 0,2 gram direndam dalam 0,1 M HCl 50 mL dan disonikasi selama 1 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fase Kristal

Pola difraksi sinar-x nanopartikel Ag yang disintesis dengan metode reduksi ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak yang muncul pada 2θ berturut-turut muncul pada sudut 38,24°, 44,42°, 64,58°, 77,50°, dan 84,29° berturut-turut yang bersesuaian dengan bidang (111) (200) (220), (311), (222). Pola difraksi sinar-x ini menunjukkan fase dan kristalinitas nanopartikel perak. Dari data difraksi tersebut ditemukan bahwa tidak ditemukan puncak fase lain sebagai impuritas. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis nanopartikel perak dengan kemurnian tinggi telah berhasil dilakukan melalui metode reduksi.



Gambar 1 Pola Difraksi Nanopartikel Ag PEG Melalui Metode sonokimia dengan Variasi Berat molekul PEG yang berbeda

Puncak-puncak yang terbentuk pada pola XRD menunjukkan struktur FCC sesuai dengan literatur data AMCSd dengan sistem kubik dengan grup ruang $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$. Dari pola XRD yang terbentuk diperoleh

konstanta kisi yang dihitung sebesar $a = 4,117 \text{ \AA}$, dimana hasil ini tidak jauh berbeda dengan literatur $a = 4,119 \text{ \AA}$.

Hasil analisis struktur kristal nanopartikel Ag yang dilapisi PEG menunjukkan bahwa parameter kisi nanopartikel Ag PEG hampir tidak ada perubahan dengan adanya perbedaan berat molekul PEG yang berbeda. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa volume kristal juga hampir tidak ada perubahan seiring bertambah berat molekul PEG yang berbeda.

Ukuran Butir

Ukuran butir nanopartikel Ag dapat diamati dengan hasil karakterisasi XRD. Melalui pola XRD dapat diketahui ukuran partikel dengan cara menghitung FWHM dari puncak bidang difraksi. Hasil *fitting* Gaussian pada pola difraksi sinar-x menunjukkan adanya perbedaan ukuran butir partikel pada nanopartikel Ag dengan berat molekul PEG yang berbeda. Rata-rata Ukuran Butir menggunakan persamaan Scherrer ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini dikarenakan pada proses pembungkusan (enkapsulasi) nanopartikel dengan panjang rantai PEG yang berbeda sehingga ukuran butir partikel nanopartikel Ag menjadi lebih besar dari sebelumnya.

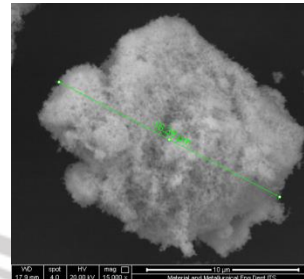
Tabel 1. Hasil Rata-rata Ukuran Butir menggunakan persamaan Scherrer

Nama Sampel Uji	Ukuran Partikel (nm)
nanoAg	25,99
nanoAg-PEG 400	33,29
nanoAg-PEG 4000	39,05
nanoAg-PEG 6000	48,05
naoAg-PEG 20000	25,82

Citra Mikro

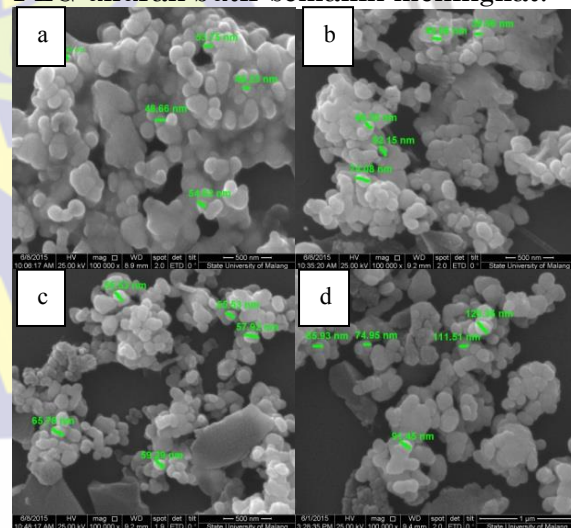
Hasil citra SEM nanopartikel Ag dengan perbesaran 5000 kali sampai 15.000 kali masih menghasilkan ukuran mikro dan tampak bahwa partikel yang disintesis tidak memberikan bentuk yang sepenuhnya *spherical* (berbentuk bola), sesuai dengan yang dinyatakan oleh Khan (2011), karena ada partikel yang tampak

berbentuk rantai atau *chain*. Hal ini menunjukkan sintesis dengan metode reduksi menghasilkan partikel yang masih *teraglomerasi*. Hasil Citra SEM nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Citra SEM nanopartikel perak 15.000x

Citra mikroskopik SEM-EDX nanopartikel perak berlapis PEG ditunjukkan pada Gambar 3. Dari hasil penelitian ini semakin besar berat molekul PEG ukuran butir semakin meningkat.



Gambar 3. Hasil citra SEM EDX nanoAgPEG (a)AgPEG 400,(b) AgPEG 4000, (c) AgPEG 6000, (d) AgPEG 20000

Perbandingan ukuran butir hasil hitungan dengan rumus Scherrer dan hitungan rata-rata ukuran butir dari citra SEM ditunjukkan dalam Tabel 2.

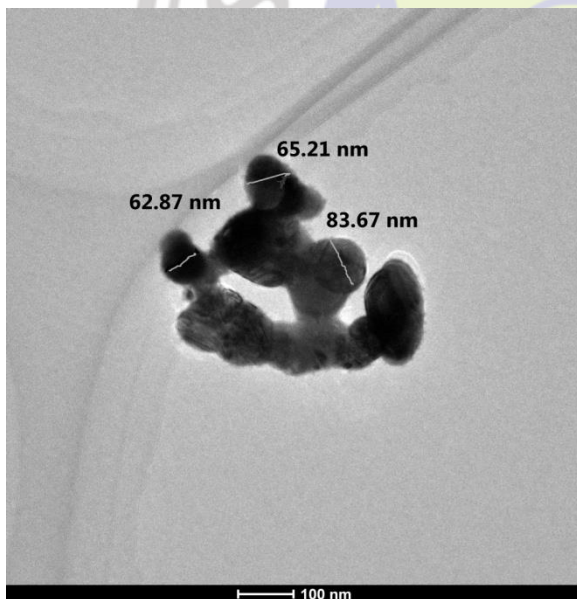
Ukuran partikel yang tidak jauh berbeda antara perhitungan dan pengukuran dengan SEM.

Untuk lebih mayakinkan hasil pengukuran ukuran butir kristal telah dilakukan karkaterisasi menggunakan TEM pada nanopartikel AgPEG 20000 yang ditampilkan dilihat pada Gambar 4

yang menunjukkan diameter nanopartikel perak dan membuktikan bahwa partikel perak yang dihasilkan memiliki ukuran dalam skala nano dengan rata-rata ukuran terkecil yang terukur adalah sebesar 70,59 nm. Hasil citra TEM menunjukkan munculnya warna bening disekitar nanopartikel perak yang merupakan gugus fungsi dari PEG.

Tabel 2. Perbandingan Ukuran Butir Partikel melalui Penghitungan Scherrer dan Hasil SEM

Sampel	Ukuran Butir Partikel (nm)	
	Rumus Scherrer	SEM
nanoAgPEG 400	33,29	48,14
nanoAgPEG 4000	39,05	50,95
nanoAgPEG 6000	48,05	58,81
nanoAgPEG 20000	25,82	98,44



Gambar 4. Hasil Citra TEM nanoAgPEG 20000

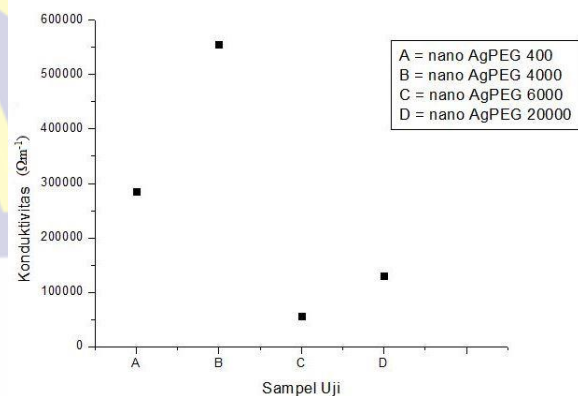
Konduktivitas

Semakin besar berat molekul PEG yang ditambahkan semakin kecil konduktivitasnya. Dalam penelitian ini, PEG 6000 memberikan konduktivitas terkecil sebesar $5,85 \times 10^4 \Omega m^{-1}$ pada arus 20 mA. Pada semakin besar berat molekul PEG konduktivitas semakin menurun. Hasil ini sudah sesuai dengan teori bahwa konduktivitas nanopartikel yang dilapisi

polimer akan menghambat aliran arus yang diberikan. Konduktivitas nanoAg PEG 4000 memiliki puncak yang tinggi mungkin disebabkan terlalu rapat jarak antar atom sehingga probe mengalirkan arus tidak ada hambatan. Semakin besar berat panjang rantai PEG yang melapisi nanopartikel perak elektron akan semakin sulit untuk mengalir. Rata-rata konduktivitas nanoAG PEG bisa dilihat pada Tabel 3. Untuk lebih jelas Grafik rata-rata konduktivitas nanoAg PEG dengan berat molekul PEG yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar berat molekul PEG yang melapisi nanopartikel perak semakin kecil konduktivitasnya.

Tabel 3 Rata-rata konduktivitas nanoAG PEG

Sampel Uji	Konduktivitas ($\times 10^5 \Omega m^{-1}$)
nanoAg PEG 400	2,85
nanoAg PEG 4000	5,55
nanoAg PEG 6000	0,56
nanoAg PEG 20000	1,31



Gambar 4. Grafik rata-rata konduktivitas nanoAg PEG

Laju Korosi

Metoda ini mengacu standar ASTM G-1 laju korosi. Nanopartikel perak 0,2 gram disonikasi dengan larutan HCl 0,1 M. Tampak bahwa semakin besar berat molekul maka laju korosi semakin menurun. Nanopartikel stabil dimiliki oleh PEG 20000 dengan laju korosi sebesar $2,504 \times 10^{-4}$ cm/jam. Laju korosi nanopartikel perak yang dilapisi dengan berbagai macam berat molekul PEG yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Laju Korosi Nanopartikel AgPEG

Sampel Uji	Laju Korosi ($\times 10^{-4}$ Cm/Jam)
nanoAg PEG 400	2,594
nanoAg PEG 4000	3,513
nanoAg PEG 6000	2,601
nanoAg PEG 20000	2,505

KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan sintesis nano AgPEG melalui metode sonokimia dan menghasilkan partikel berukuran antara 25 nm sampai 50 nm. Ukuran butir pada peningkatan berat molekul PEG yang diberikan menunjukkan perubahan pada setiap nanopartikel perak, namun perubahan ukuran butir tidak menunjukkan perubahan yang linier.

Semakin besar berat molekul PEG yang digunakan semakin besar ukuran partikel yang dihasilkan. Hasil pengukuran SEM nano AgPEG 400 menghasilkan ukuran partikel terkecil sebesar 48,14 nm. Semakin besar berat molekul PEG yang digunakan semakin kecil konduktivitas yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, PEG 4000 memberikan konduktivitas terbesar sebesar $5.55 \times 10^5 \Omega m^{-1}$. Semakin besar molekul PEG yang digunakan semakin kecil laju korosi terhadap HCl. Pada penelitian ini PEG 20000 memberikan laju korosi sebesar $2,50 \times 10^{-4}$ cm/jam. Hasil pengukuran TEM tidak jauh berbeda dengan pengukuran SEM EDX yaitu 70,59 nm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat DirjenDikti yang telah memberikan hibah Unggulan Perguruan Tinggi dengan Kontrak No 9.4.9/UN32.14/LT/2015.

DAFTAR RUJUKAN

Diantoro, M., Chasanah, A. F, Nasikhudin, Mufti, N, dan Fuad, A. *Fabrication of*

Silver Nanoparticles And Its Films and Their Characterization of Structure And Electrical Conductivity, 2014, Advanced Materials Research, 896, 341.

Guzman, M.G. Jean, D. Stephan, G. 2009. *Synthesis Of Silver Nanoparticles By Chemical Reduction Method And Their Antibacterial Activity*. International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering. 2:3

Kulkarni, N. Muddapur, U. 2014. *Biosynthesis of Metal Nanoparticles*. Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanotechnology, Article ID 510246: 1-8

Mailu, S.N et al. 2010. *Determination of Anthracene on Ag-Au Alloy Nanoparticle/Overoxidized-Polypyrrole Composit Modified Glassy Carbon Elektrodes*. Sensors. No. 10: 9449-9465

Mishra, S et al. 2013. *The Effect Of PEG Encapsulated Silver Nanoparticles On The Thermal And Electrical Property Of Sonochemically Synthesized Polyaniline/Silver Nanocomposite*. J Polym Res: 20:49.

Montazer, M. Hajimirzababa, H. Rahimi, M.K. Alibakhshi, S. 2012. *Durable Anti-bacterial Nylon Carpet Using Colloidal Nano Silver*. FIBERS & TEKSTILES in Eastern Europe. Vol. 20. No.4(93): 96-101

Shameli, K.A et al. 2012. *Synthesis and Characterization of Polyethylene Glycol Mediated Silver Nanoparticles by the Green Method*. International Journal of Molecular Sciences. Int. J. Mol. Sci. 2012, 13, 6639-6650; doi:10.3390/ijms13066639.

Khan Z, Al-Thabait, SA, Obaid, AY, Al-Youbi AO. *Preparation and characterization of silver nanoparticles by chemical reduction method*, Colloids Surf B Biointerfaces. 2011 Feb 1;82(2):513-7. doi: 10.1016/j.colsurfb.2010.10.008