

## INTISARI

### **Sintesis dan Uji Parameter Fisis Ag Nanowires dengan Metode Poliol Menggunakan Polimer *Capping Agent* Polivinil Alkohol (PVA) dan Polivinil Pirolidon (PVP)**

Oleh

Junaidi

13/350893/SPA/00464

Sintesis dan uji parameter fisis Ag *nanowires* (AgNWs) telah dilakukan dengan metode reduksi kimia dalam media poliol menggunakan polivinil alkohol (PVA) dan polivinil pirolidon (PVP). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah etilen glikol (EG), perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ), PVA, PVP, natrium klorida (NaCl), tembaga (II) klorida ( $\text{CuCl}_2$ ), dan besi (III) klorida ( $\text{FeCl}_3$ ). EG digunakan sebagai pelarut dan reduktor  $\text{AgNO}_3$ . PVA dan PVP berfungsi sebagai polimer *capping agent* dan penstabil. NaCl,  $\text{CuCl}_2$ , dan  $\text{FeCl}_3$  digunakan sebagai pengontrol diameter dan panjang AgNWs. Sintesis AgNWs dilakukan dengan mengoptimasi kondisi reaksi yang meliputi suhu *oil bath*, rasio molar [*capping agent*: $\text{AgNO}_3$ ], rasio molar [PVA:PVP], kecepatan pengadukan (*stirrer*), kecepatan injeksi, dan efek ion klorida terhadap morfologi dan ukuran AgNWs. Optimasi *oil bath* dilakukan pada suhu 60 – 160 °C. Variasi rasio molar [PVA: $\text{AgNO}_3$ ] dilakukan dari 2 – 6 dan 1,5 – 5 untuk [PVP: $\text{AgNO}_3$ ]. Optimasi *stirrer* dilakukan pada 125, 350, 500, 700, dan 1100 rpm, sedangkan untuk kecepatan injeksi dioptimasi mulai dari 0,3; 0,5, dan 1 cc/mnt. Ion klorida berfungsi sebagai pengontrol pertumbuhan benih (*seed*) AgNWs. Sintesis AgNWs dengan *capping agent* PVA (AgNWs-PVA) dan *capping agent* PVP (AgNWs-PVP) dilakukan selama 2 – 3 jam.

Hasil optimasi parameter dalam sintesis AgNWs diperoleh sebagai berikut: (1) suhu *oil bath* optimum adalah 130 – 140 °C untuk sintesis AgNWs-PVA dan 90 – 130 °C untuk sintesis AgNWs-PVP; (2) konsentrasi larutan  $\text{AgNO}_3$  adalah 0,3 – 0,5 M dengan rasio molar [PVA: $\text{AgNO}_3$ ] dan [PVP: $\text{AgNO}_3$ ] sebesar 3 – 5; (3) *stirrer* optimum diperoleh dari 200 – 350 rpm dengan kecepatan injeksi sebesar 0,5 cc/menit, dan (4) rasio molar  $[\text{Ag}^+]/[\text{Cl}^-]$  optimum sekitar 600 – 1000. Uji parameter fisis AgNWs-PVA dan AgNWs-PVP dilakukan dengan spektrofotometer UV-vis, *Fourier transform infrared* (FTIR), *X-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscope* (SEM), dan *transmission electron microscopy* (TEM). Puncak serapan untuk koloid AgNWs berada pada panjang gelombang 350 – 390 nm. Identifikasi gugus molekul menunjukkan telah terjadi pergeseran puncak ke daerah inframerah (*red-shifted*) yang dimiliki PVA pada bilangan gelombang dari 1635  $\text{cm}^{-1}$  menjadi 1620  $\text{cm}^{-1}$ . Pergeseran ini menandakan telah terjadi interaksi secara elektronik antara atom Ag dengan atom O melalui ikatan Ag-O dalam pertumbuhan AgNWs. Struktur kristal AgNWs adalah *face-centered-cubic* (fcc) dengan nilai tetapan kisi (*a*) sebesar  $(4,087 \pm 0,003)$  Å untuk AgNWs-PVA dan  $(4,080 \pm 0,010)$  Å untuk AgNWs-PVP.

AgNWs-PVA dihasilkan dengan diameter sekitar  $(190 \pm 40)$  nm, panjang mencapai  $(70 \pm 15)$   $\mu\text{m}$ , dan rasio panjang/diameter ( $p/\phi$ ) sebesar 368. Diameter dan panjang AgNWs-PVP sekitar  $(90 \pm 30)$  nm dan  $(25 \pm 10)$   $\mu\text{m}$  dengan rasio  $p/\phi$  mencapai 295.

AgNWs kemudian diaplikasikan untuk pembuatan lapisan tipis (*thin film*) untuk aplikasi elektroda konduktif transparan. Koloid AgNWs dengan konsentrasi 10 wt.% dalam etanol dideposisi di atas substrat *polycarbonate* (PC) dengan metode *meyer-rod coating*. Ketebalan lapisan tipis AgNWs diperoleh sekitar 30 – 40  $\mu\text{m}$ . Nilai konduktivitas optik lapisan tipis AgNWs-PVA dan AgNWs-PVP pada panjang gelombang 450 nm diperoleh masing-masing sekitar  $4,7 \times 10^5 \text{ S.m}^{-1}$  dan  $13,1 \times 10^5 \text{ S.m}^{-1}$ . Nilai transmitansi dari lapisan tipis AgNWs-PVA adalah 70,7 – 89,5% dengan resistansi lembar sekitar 43,9  $\Omega/\text{sq}$ . Nilai transmitansi dari lapisan tipis AgNWs-PVP meningkat menjadi 76,7 – 95,8% dengan resistansi lembar menurun sampai 21,9  $\Omega/\text{sq}$ .

Sintesis AgNWs menggunakan PVA dan PVP sebagai polimer *capping agent* dengan metode poliol menghasilkan AgNWs dengan rasio yang tinggi. AgNWs yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan lapisan tipis untuk pengembangan elektroda transparan. Elektroda transparan berbasis AgNWs memiliki nilai transmitansi dan konduktivitas listrik yang baik. Elektroda transparan berpotensi untuk diaplikasikan dalam berbagai piranti optoelektronika, seperti sel surya organik, layar sentuh, dan *organic light emitting diode* (OLED).

Kata kunci: polivinil alkohol, polivinil pirolidon, Ag nanowires, poliol, *meyer-rod coating*.

## ABSTRACT

### **Synthesis and Physical Parameter Characterization of Silver Nanowires by Polyol Method using Polyvinyl Alcohol (PVA) and Polyvinyl Pyrrolidone (PVP) As Polymeric Capping Agent**

By

Junaidi  
13/350893/SPA/00464

Synthesis and physical parameter characterization of the silver nanowires (AgNWs) were performed by chemical reduction method in polyols. AgNWs were synthesized by using two polymers capping agent, namely polyvinyl alcohol (PVA) and polyvinyl pyrrolidone (PVP). Ethylene glycol (EG) used as a solvent and a reducing silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ). The study related physical parameters on synthesis AgNWs include: oil bath temperature, [capping agent: $\text{AgNO}_3$ ] molar ratio, [PVA: PVP] molar ratio, stirrer, injection rate, and the effect of chloride ions on the morphology and size of AgNWs. The optimization of oil bath was carried out at a temperature of 60 to 160 °C. Variations of molar ratio [PVA: $\text{AgNO}_3$ ] were done from 2 to 6 and from 1.5 to 5 for [PVP:  $\text{AgNO}_3$ ]. The optimization of stirrer was performed at 125, 350, 500, 700, and 1100 rpm, while an optimization of injection rate ranged from 0; 0.3; 0.5, and 1 cc/min. For controlling the growth of AgNWs seeds were used a sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ), copper (II) chloride ( $\text{CuCl}_2$ ), and iron (III) chloride ( $\text{FeCl}_3$ ). The synthesis of AgNWs with a capping agent PVA (AgNWs-PVA) and a capping agent PVP (AgNWs-PVP) was performed during 2 to 3 hours.

The result shows that optimum parameters on the synthesis AgNWs obtained as follows: (1) optimum conditions of oil bath temperature are 130 to 140 °C for AgNWs-PVA and 90 to 130 °C for AgNWs-PVP, (2) the concentration of  $\text{AgNO}_3$  solution are 0.3 to 0.5 M with molar ratio [PVA: $\text{AgNO}_3$ ] and [PVP: $\text{AgNO}_3$ ] of 3 to 5, (3) optimum condition for stirrer of 200 to 350 rpm with injection rate about 0.5 cc/min, (4) molar ratio of  $[\text{Ag}^+]/[\text{Cl}^-]$  optimum to synthesis AgNWs are 600 to 1000. Physical parameters characterization of AgNWs-PVA and AgNWs-PVP were used by using UV-vis spectrophotometer, Fourier Transform Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), and Transmission Electron Microscopy (TEM). Absorption peaks for colloidal AgNWs are at 350 to 390 nm. Identification of molecular groups shows that there has been a red-shifted for the colloid of pure PVA about  $1635\text{ cm}^{-1}$  to  $1620\text{ cm}^{-1}$ . This shift indicates that there has been an electronic interaction between Ag atoms with O atoms via Ag-O bond during the growth of AgNWs. The crystal structure of AgNWs is face-centered cubic (*fcc*) with lattice constant (*a*) about  $(4.087 \pm 0.003)\text{ \AA}$  for AgNWs-PVA and  $(4.080 \pm 0.010)\text{ \AA}$  for AgNWs-PVP. AgNWs-PVP has a diameter of about  $(190 \pm 40)\text{ nm}$ , length of about  $(70 \pm 15)\text{ }\mu\text{m}$ , and the length/diameter (*p/φ*) ratio about 368. Diameter and

length of AgNWs-PVP are about  $(90 \pm 30)$  nm and  $(25 \pm 10)$   $\mu\text{m}$  with  $p/\phi$  about 295, respectively.

AgNWs were applied to the manufacturing of thin film for transparent and conductive electrode (TCE) application. AgNWs solution with a concentration of 10 wt.% in ethanol coated on the transparent plastic substrate by meyer-rod coating method. The thickness of the thin film AgNWs is 30 to 40  $\mu\text{m}$ . Optical conductivity for thin film based on AgNWs-PVA and AgNWs-PVP at the wavelength of 450 nm are about  $4.7 \times 10^5 \text{ S.m}^{-1}$  and  $13.1 \times 10^5 \text{ S.m}^{-1}$ , respectively. Transmittance and sheet resistance of thin film AgNWs-PVA about 70.7 – 89.5% and 43.9  $\Omega/\text{sq}$ . The transmittance of the thin film increased about 76.7 – 95.8% and sheet resistance decreased to 21.9  $\Omega/\text{sq}$  when using AgNWs-PVP.

The synthesis AgNWs using PVA and PVP as polymer capping agents by polyol method produces AgNWs with high aspect ratio. The AgNWs can be used in the manufacturing of thin film for the development of a transparent electrode. Transparent electrodes based on the AgNWs have a good transmittance and electrical conductivity. The transparent electrode can be used for optoelectronic devices, such as organic solar cells, touch screens, and organic light emitting diode (OLED).

Keywords: polyvinyl alcohol, polyvinyl pyrrolidone, silver nanowires, polyol, meyer-rod coating.