

# PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI $\text{Ag}_2\text{S}$ TERHADAP KOMPOSIT KONDUKTOR $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ ( $x = 0,1 - 0,5$ )

## (EFFECT OF $\text{Ag}_2\text{S}$ CONCENTRATION ON THE CONDUCTOR COMPOSITE OF $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ ( $x = 0.1$ to $0.5$ ))

Safei Purnama, Patricius Purwanto, dan Grace Tj. Sulungbudi

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-Batan  
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan

E-mail : purnama@batan.go.id

Received: 11 Agustus 2016 ; revised: 19 September 2016; accepted: 30 September 2016

### ABSTRAK

Komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dibuat dengan metalurgi serbuk dengan mencampurkan serbuk  $\text{Ag}_2\text{S}$  dengan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , dikompaksi dengan tekanan  $48,26 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$  dan diameter  $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ . Komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dilakukan pemanasan pada suhu  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Penentuan struktur kristal  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dilakukan dengan teknik difraksi sinar-x. Analisis puncak difraksi sinar-x pada komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  menunjukkan struktur  $\text{Ag}_2\text{S}$  dan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Pengukuran konduktivitas komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dilakukan dengan alat LCR-meter pada frekuensi 0,1 Hz sampai dengan 100 kHz. Konduktivitas komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  naik dan impedansinya turun seiring dengan naiknya konsentrasi  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Analisis morfologi permukaan komposit konduktor  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dilakukan dengan mikroskop elektron, hasil menunjukkan terjadi perubahan seiring dengan bertambahnya konsentrasi  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

Kata kunci : Komposit, Difraksi sinar-x, Konduktivitas, Struktur mikro

### ABSTRACT

The conductor composite of  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  had been made by mixing  $\text{Ag}_2\text{S}$  with  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , then compaction with pressure  $48.26 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$  with diameter  $1.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ . The conductor composite of  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  were heated at temperature  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  for 5 hours. Determination structure of  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  by using x-ray diffraction, showed that the structure of  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  was  $\text{Ag}_2\text{S}$  and  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Determination of conductivity  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  was carried out by LCR-meter at the interval frequency 0.1 Hz to 100 kHz. The result showed that the composite conductivity  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  was increased and impedance decreased with increasing concentration of  $\text{Ag}_2\text{S}$ . The surface morphology of composite of  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  were conducted by electron microscopy, the result showed that take place to change with increasing concentration of  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

Key words : Composite, X-ray diffraction, Conductivity, Micro structure

### PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan bahan elektrolit padat atau konduktor padat  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  telah banyak dilakukan khususnya dalam hal proses pembuatan dan penggunaannya dalam sistem sel (Jadhav *et al.* 2013, Yang and Hou 2012). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa efisiensi daya pada sistem sel masih dapat dinaikkan, salah satu caranya dengan memperbaiki kualitas elektrolit padat  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dan modifikasi elektroda (Shukla *et al.* 2014). Proses pengembangan kualitas bahan elektrolit padat terus berkembang, hal ini banyak

dilakukan untuk digunakan dalam pengembangan sel baterai sekunder, sel bahan bakar yang dapat diisi ulang, dan menghasilkan energi yang cukup besar pada waktu yang cukup lama (Rajbhandari *et al.* 2013, Hu *et al.* 2013). Sel bahan bakar adalah suatu sistem sel yang dapat mengubah energi elektrokimia menjadi energi listrik (Jadhav *et al.* 2013). Prinsip sistem sel ini adalah penguraian suatu atom atau senyawa pada anoda yang menjadi sumber elektron dan ion (Han *et al.* 2016).

Penelitian elektrolit padat berbasis gelas, yaitu salah satu bahan elektrolit padat  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  digunakan sebagai sistem sel ionik (Ihsan *et al.* 2008). Karakterisasi bahan dilakukan dengan difraksi sinar-x untuk mengetahui struktur bahan, konduktivitas meter (*LCR-meter*) untuk mengetahui konduktivitas ion dan impedansinya, *SEM (Scanning Electron Microscopy)* untuk mengetahui morfologi permukaan.

Kristal ionik seperti AgI,  $\text{Ag}_2\text{S}$ , dan CuI bersifat superionik pada suhu tinggi yaitu setelah mengalami perubahan fase disekitar suhu transisi fasenya (Sun *et al.* 2013). Bahan konduktor ionik berbasis gelas mempunyai sifat yang mudah dibuat dan divariasikan bentuknya, suhu leleh tidak terlalu tinggi, dan tidak memiliki batas butir (Blanton *et al.* 2011).

Penelitian bahan konduktor ionik berbasis gelas telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Krylova and Dukstiene 2013). Selanjutnya penelitian tentang bahan komposit akan dikembangkan dengan menggunakan bahan gelas  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Ag}_2\text{S}$  dengan perumusan  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ , dengan  $x = 0,1$  sampai dengan  $0,5$ . Penelitian ini dikembangkan dengan cara reaksi padatan, berbeda dengan metode sol gel (Ihsan *et al.* 2008) yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka penelitian ini akan dilanjutkan untuk melengkapi penelitian bahan konduktor berbasis gelas  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , yaitu dengan dibuat suatu bahan komposit campuran antara  $\text{Ag}_2\text{S}$  dan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dengan variasi konsentrasi  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

Penelitian ini bertujuan pembuatan bahan konduktor ionik berbasis gelas  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  serta mempelajari pengaruh variasi penambahan  $\text{Ag}_2\text{S}$  terhadap konduktivitas listrik, identifikasi fase, dan morfologi permukaan pada bahan konduktor ionik berbasis gelas  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ . Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas komposit  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  yang dipakai sebagai elektrolit padat.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain  $\text{Ag}_2\text{S}$  merk Sigma Aldrich dengan kemurnian 99,9% dan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dengan kemurnian 96,0% merk Sigma Aldrich.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *LCR meter* HITESTER-3522-5 merk HIOKI untuk pengukuran sifat listrik (antara lain lilitan, kapasitor, dan tahanan), *X-Ray Diffractometer (XRD)* Shimadzu XD-610 untuk mengetahui struktur kristal yang terjadi, *SEM JEOL, JSM 6510 LA*, dan *EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)* untuk analisis struktur mikro pada permukaan dan analisis unsur.

### Metode

Komposit  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dibuat dengan cara  $\text{Ag}_2\text{S}$  dicampur dengan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dengan perbandingan fraksi berat tertentu, ditunjukkan pada Tabel 1. Campuran tersebut kemudian digerus sampai halus dan dipelet, dilanjutkan dengan perlakuan panas pada suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam.

Identifikasi fase dilakukan dengan menggunakan difraksi sinar-X. Perubahan struktur pada komposit dapat diamati dari puncak-puncak difraksi yang menunjukkan kristal atau amorf. Pengukuran konduktivitas listrik dilakukan dengan menggunakan *LCR meter*. Pengukuran tahanan listrik sampel ditunjukkan pada Gambar 1, dapat dihitung besarnya konduktivitas listrik  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dengan memakai persamaan berikut :

$$R = \rho.L/A \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma = 1/\rho \quad \dots\dots\dots(2)$$

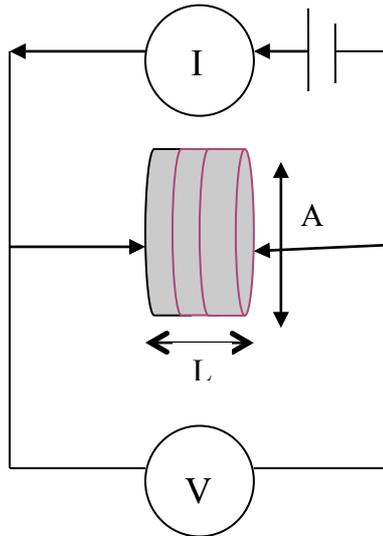
Persamaan 1 dan 2 digabungkan, didapat suatu persamaan:

$$R = L/(A. \sigma) \text{ atau } \sigma = L/(A.R) \\ \sigma = G.(L/A) \quad \dots\dots\dots(3)$$

dimana  $R$  adalah tahanan listrik,  $L$  adalah panjang atau tebal sampel,  $\rho$  adalah resistivitas bahan,  $A$  adalah luas permukaan,  $\sigma$  adalah konduktivitas, dan  $G = 1/R$  adalah konduktansi. Dalam percobaan yang terukur dengan alat *LCR meter* adalah besaran  $G$ .

Tabel 1. Perbandingan komposisi  $\text{Ag}_2\text{S}$  dan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

x	$\text{Ag}_2\text{S}$ (g)	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ (g)
0,1	1,4328	8,5672
0,3	3,9212	6,0788
0,5	6,0082	3,9918



Gambar 1. Pengukuran konduktivitas listrik  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$

Konduktivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma(\omega) = \sigma_{dc} + A(\omega)^n \dots\dots\dots(5)$$

dimana  $\sigma(\omega)$  = konduktivitas AC tergantung frekuensi,  $\sigma_{dc}$  = konduktivitas DC pada saat frekuensi  $\omega = 2\pi f = 0$ , n = fraksi eksperimen Jonscher. Dengan membuat kurva antara log  $\sigma$  terhadap log f, didapat nilai konduktivitas  $\sigma_0 = \sigma_{dc}$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

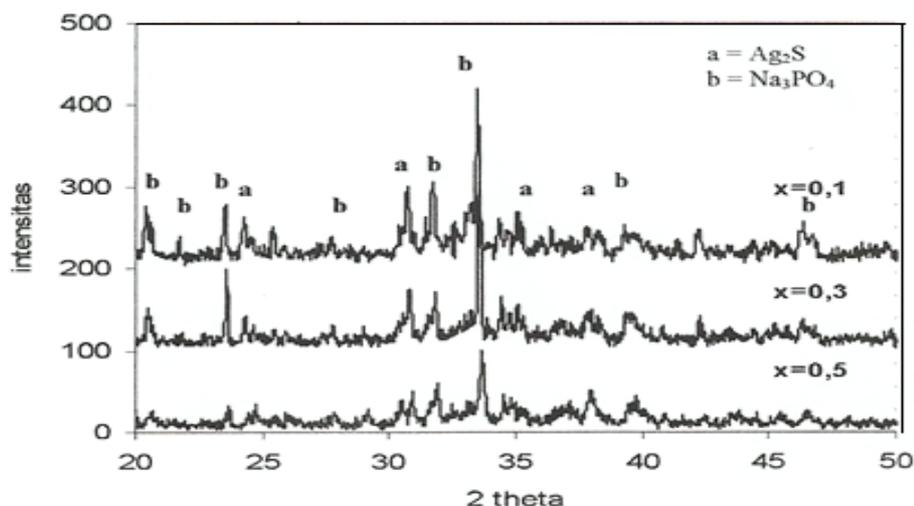
**Difraksi Sinar-X**

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa proses metalurgi serbuk (reaksi padatan) berfase majemuk dengan struktur  $Ag_2S$  dan  $Na_3PO_4$  seperti terlihat pada Gambar 2, komposit tampak telah mengalami deformasi kristal, yang ditunjukkan oleh menurunnya puncak difraksi. Sedangkan pelebaran puncak difraksi dapat dikaitkan dengan ukuran partikel, puncak yang melebar menunjukkan kehalusan butir (Raykovic *et al.* 2009).

Proses deformasi yang dialami komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  akan sangat berpengaruh pada sifat listrik bahan. Kenaikan sifat listrik bahan akibat adanya cacat kristal ini sangat

diharapkan terjadi pada setiap bidang kristal dimana gerakan ion-ion mudah bergerak dan diperlukan energi aktivasi yang kecil. Dari pola difraksi pada bidang kristal yang mengalami cacat, mengakibatkan konduktivitas bahan dapat meningkat. Peningkatan konduktivitas ini disebabkan adanya penambahan  $Ag_2S$  ke dalam fase gelas  $Na_3PO_4$  yang menyebabkan cacat pada kristal. Menurut Burbano 2009, interaksi cacat dan transisi elektrolit padat dalam AgI menimbulkan mobilisasi ion dan dapat meningkatkan konduktivitas bahan.

Pola difraksi sinar-X komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ , menunjukkan adanya perubahan pada intensitas menurun seiring dengan bertambahnya  $Ag_2S$  dan sudut difraksi mengalami pergeseran (Blanton *et al.* 2011). Untuk mengetahui pergeseran sudut difraksi, dilakukan analisis puncak-puncak difraksi sinar-X komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  dengan menggunakan program Igor diperoleh identifikasi fase ditunjukkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2, tampak bahwa dengan variasi penambahan berat  $Ag_2S$  mengalami pergeseran pada sudut  $2\theta$ . Pergeseran sudut  $2\theta$  akan mempengaruhi ukuran kristal dan regangan (Raykovic *et al.* 2009).



Gambar 2. Puncak difraksi sinar-X komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$

Tabel 2. Hasil analisis puncak-puncak difraksi  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$

$(Ag_2S)_{0,1}(Na_3PO_4)_{0,9}$		$(Ag_2S)_{0,3}(Na_3PO_4)_{0,7}$		$(Ag_2S)_{0,5}(Na_3PO_4)_{0,5}$	
2θ	Puncak	2θ	Puncak	2θ	Puncak
23,53	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	23,59	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	23,69	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
25,32	Ag <sub>2</sub> S	25,35	Ag <sub>2</sub> S	25,35	Ag <sub>2</sub> S
27,70	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	27,77	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	27,86	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
30,73	Ag <sub>2</sub> S	30,80	Ag <sub>2</sub> S	30,92	Ag <sub>2</sub> S
31,71	Ag <sub>2</sub> S	31,79	Ag <sub>2</sub> S	31,86	Ag <sub>2</sub> S
33,46	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	33,53	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	33,67	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
39,54	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	39,57	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	39,74	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
46,32	Ag <sub>2</sub> S	46,41	Ag <sub>2</sub> S	46,49	Ag <sub>2</sub> S

### Konduktivitas

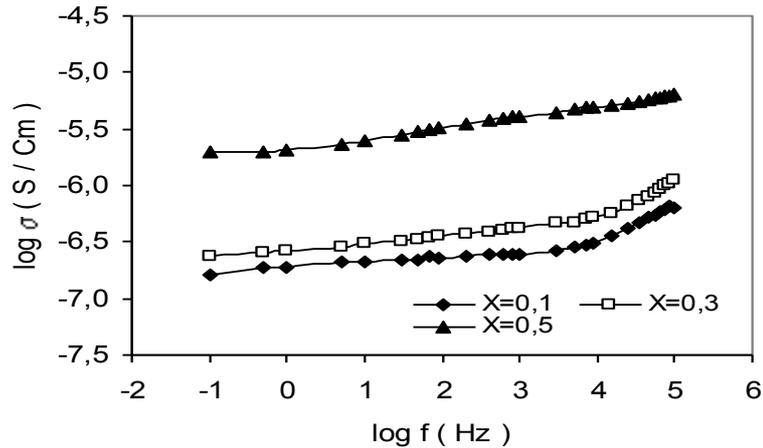
Pengukuran konduktivitas dan impedansi komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  dilakukan pada frekuensi mulai 0,1 Hz sampai dengan 100 kHz seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 3, konduktivitas pada bahan komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  naik seiring dengan semakin bertambahnya frekuensi dan konsentrasi Ag<sub>2</sub>S, naiknya konduktivitas komposit terjadi karena getaran ion-ion.

Perhitungan konduktivitas konduktor komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  dilakukan dengan menggunakan model (Tiwari *et al.* 2005). Hasil perhitungan konduktivitas ditunjukkan pada Tabel 3, tampak bahwa konduktivitas komposit naik seiring dengan bertambahnya Ag<sub>2</sub>S ke dalam fase gelas Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Naiknya konduktivitas dikarenakan adanya difusi Ag<sub>2</sub>S ke dalam gelas Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang menyebabkan bertambahnya jumlah pembawa muatan dan jumlah ion positif (Padma and Yashonath 2006). Adanya difusi Ag<sub>2</sub>S ke dalam fase gelas Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> akan menurunkan energi aktivasi yang diperlukan untuk bergerak dari satu kisi ke kisi yang lain dan meningkatkan mobilitas ion positif sehingga

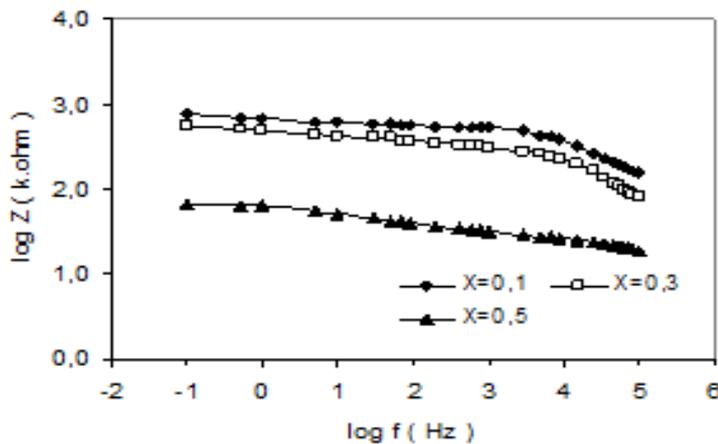
konduktivitas akan meningkat. Ag<sub>2</sub>S ini berperan sebagai pemutus rantai fosfat, sehingga panjang rantai semakin turun dengan peningkatan Ag<sub>2</sub>S (Jadhav *et al.* 2013, Kobayashi 2006).

Putusnya rantai fosfat untuk memudahkan ion-ion positif (Ag<sup>+</sup>) berdifusi untuk meningkatkan konduktivitas. Peningkatan konduktivitas bahan tergantung beberapa faktor, diantaranya interstisi atom, ukuran ion, suhu, struktur kristal, komposisi, dan perubahan fase. Peneliti lain telah melakukan penelitian tentang sifat konduktivitas yang tergantung frekuensi dan suhu, dimana pada suhu tertentu suatu bahan mengalami cacat atau transformasi fase (Jadhav *et al.* 2013).

Pada Gambar 4, impedansi komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi Ag<sub>2</sub>S. Impedansi komposit menunjukkan pola yang sama untuk variasi konsentrasi Ag<sub>2</sub>S. Impedansi komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  turun seiring dengan bertambahnya Ag<sub>2</sub>S ke dalam gelas Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Hasil perhitungan nilai konduktivitas dan impedansi  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Kurva konduktivitas komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$



Gambar 4. Kurva impedansi komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$

Tabel 3. Konduktivitas  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$

Sampel	Faktor eksponen (s)	$\sigma_0$ (S/cm)	Z (k.ohm)
Ag <sub>2</sub> S-01	0,09	$1,64 \times 10^{-7}$	833,10
Ag <sub>2</sub> S-03	0,11	$2,34 \times 10^{-7}$	603,39
Ag <sub>2</sub> S-05	0,09	$2,14 \times 10^{-6}$	61,18

Keterangan :  $\sigma_0$  (konduktivitas) dan Z (impedansi) adalah konduktivitas pada daerah frekuensi tertentu

### Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  dengan pembesaran 5000x dan variasi konsentrasi  $Ag_2S$ , ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Gambar 5, menunjukkan bahwa morfologi permukaan pada bahan komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  tampak butiran berbentuk panjang dan butiran menjadi kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi  $Ag_2S$ . Penambahan  $Ag_2S$  berpengaruh pada butiran komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ , hal ini menunjukkan adanya difusi  $Ag_2S$  pada batas

butir  $Na_3PO_4$ . Adanya difusi  $Ag_2S$  dan naiknya konsentrasi  $Ag_2S$  akan menyebabkan pembentuk butiran menjadi lempeng banyak dan kecil.

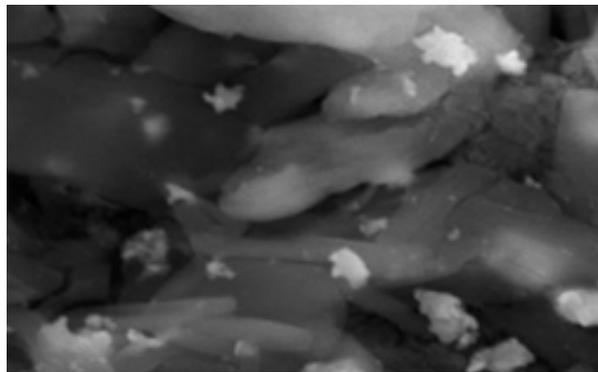
Pengaruh difusi  $Ag_2S$  pada batas butir  $Na_3PO_4$  menyebabkan morfologi permukaan menjadi kecil. Analisis morfologi permukaan pada komposit  $(Ag_2S)_{0,3}(Na_3PO_4)_{0,7}$  dengan *EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)*, dengan hasil yaitu unsur C, Na, P, S, dan Ag, ditunjukkan pada Gambar 6. Dari morfologi permukaan, tampak secara visual berbentuk balok dan

lempengan pada  $x = 0,1$  dan setelah penambahan  $\text{Ag}_2\text{S}$ , bentuk batang dan lempeng menjadi lebih banyak. Dalam hal ini peneliti tidak melakukan analisis dari masing-masing bentuk butiran, sehingga belum dapat dijelaskan unsur yang terdapat pada bentuk butiran. Butiran

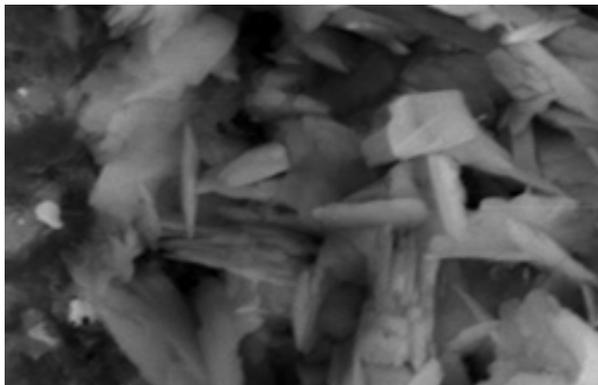
berbentuk lempeng ini mempengaruhi pada pergeseran sudut  $2\theta$  seiring dengan bertambahnya  $\text{Ag}_2\text{S}$ , begitu juga dengan perubahan pada konduktivitas pada komposit  $(\text{Ag}_2\text{S})_{0,3}(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{0,7}$ .



(a)

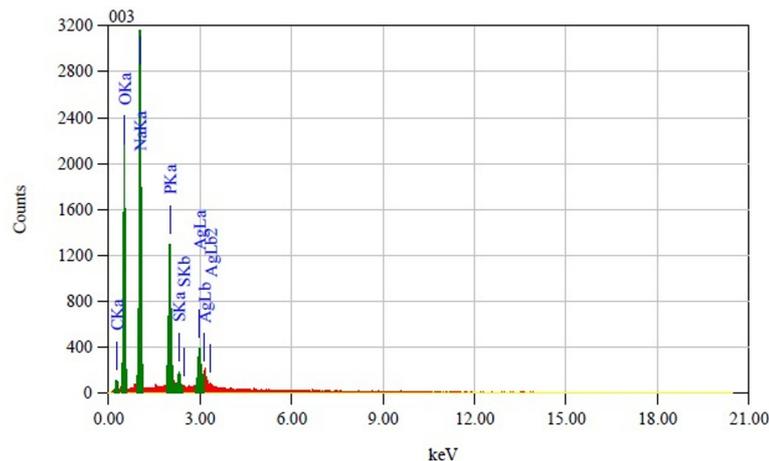


(b)



(c)

Gambar 5. Struktur mikro komposit  $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$  dengan variasi konsentrasi  $\text{Ag}_2\text{S}$ , a)  $x = 0,1$ ; b)  $x = 0,3$ ; c)  $x = 0,5$



Gambar 6. Analisis unsur komposit  $(Ag_2S)_{0.3}(Na_3PO_4)_{0.7}$

## KESIMPULAN

Dari percobaan dengan difraksi sinar-X pada komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  ditunjukkan puncak-puncak yang tampak yaitu  $Ag_2S$  dan  $Na_3PO_4$ , komposit telah mengalami deformasi kristal, yang ditunjukkan oleh menurunnya puncak difraksi seiring dengan bertambahnya konsentrasi  $Ag_2S$ . Hasil pengukuran dengan LCR-meter menunjukkan konduktivitas komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  naik dan impedansinya turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi  $Ag_2S$ . Morfologi permukaan komposit  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$  setelah dilakukan pengujian dengan SEM menunjukkan bahwa butiran menjadi kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi  $Ag_2S$ . Penambahan  $Ag_2S$  ke dalam fase  $Na_3PO_4$  berpengaruh pada intensitas difraksi, konduktivitas, dan morfologi permukaan  $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ , hal ini dikarenakan terjadi difusi  $Ag_2S$  pada komposit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf yang telah membantu kami dalam pemakaian alat difraksi sinar-X dan LCR meter, serta kepada Kepala BKAN yang telah memberikan saran dan komentar.

## DAFTAR PUSTAKA

Blanton, T., S. Mixture, N. Dontula, and S. Zdzieszynski. 2011. In situ high temperature X-ray Diffraction characterization of silver sulfide,  $Ag_2S$ . *JCPDs-International Centre for Diffraction Data* 26 : 114-118.

Burbano, J.C., R.A. Vargas, D. Pena Lara, C. A. Lozano Z, and H. Correa. 2009. Defect interaction and solid electrolyte

transition in Agi-based material. *Solid State Ionic* 180 : 1553-1557.

Han, Y., M. Zou, Weiqiangly, Y. Mao, W. Wang, and W. D. He. 2016. Three dimensional ionic conduction in the strained electrolytes of solid oxide fuel cells. *Journal Applied Physics*.119 : 174904.

Hu, H., J. Ding, S. Zhang, Y. Lin, L. Bai, and N. Yuan. 2013. Photodeposition of  $Ag_2S$  on  $TiO_2$  nanorod arrays for quantum dot sensitized solar cells. *Nanoscale Research Letters* 8 :10.

Ihsan, M., E. Kartini, and Y. Yulizar. 2008. Sintesis elektrolit padat berbasis gelas lithium  $(Ag_2S)_x(LiPO_3)_{1-x}$ . *Jurnal Sains Materi Indonesia (Edisi Khusus)* : 176-180.

Jadhav, U.M., S.N. Patel, and R.S. Patil. 2013. Synthesis of silver sulphide nanoparticles by modified chemical route for solar cell application. *Journal of Chemistry Science* 3 : 69-74.

Kobayashi, M. 2006. Electronic structure of superionic conductor. *Phys. of Solid State Ionic* 2006 : 1-5

Krylova, V. and N. Dukstiene. 2013. Synthesis and characterization of  $Ag_2S$  layers formed on polypropylene. *Journal of Chemistry* 2013 : 1-11.

Padma, P. and S. Yashonath. 2006. ionic condition in the solid state. *Journal Chem.Sci*.118 : 135-154.

Rajbhandari, A., K. Manandhar, and R. R. Pradhananga. 2013. Preparation and characterization of home made silver sulphide based chloride selective electrode. *IJCPS* 1(8): 492-496.

Raykovic, V. , D. Bozic, M. Popovic, and M.T. Jovanovic. 2009. The influence of powder particle size on properties of

- Cu-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composites. *Sci. of Sintering*. 41 : 185- 192.
- Shukla, N., A. K. Thakur, A. Shukla, and D. T. Mark. 2014. Ion conduction mechanism in solid polymer electrolyte : an applicability of almond-west formalism. *Int. J. Electrochem. Science* 9 : 7644-7659.
- Sun, J. C., Y. Xu, R. Wang, Z. Qiu, and L. Xing. 2013. Influences of temperature on the conductive properties of single crystal C12A7: e<sup>-</sup>. *Int. J. Electrochem. Sci.* 8 : 10122 – 10128.
- Yang, M. and J. Hou. 2012. Membranes in lithium ion batteries. *Membranes* 2 : 367-383.