

PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI Ag_2S TERHADAP KOMPOSIT KONDUKTOR $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ ($x = 0,1 - 0,5$)

(EFFECT OF Ag_2S 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 Ag_2S dengan Na_3PO_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 Ag_2S dan Na_3PO_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 Ag_2S . 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 Ag_2S .

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 Ag_2S with Na_3PO_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 Ag_2S and Na_3PO_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 Ag_2S . 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 Ag_2S .

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

PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan bahan elektrolit padat atau konduktor padat Na_3PO_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 Na_3PO_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 Na_3PO_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, Ag_2S , 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 Na_3PO_4 dan Ag_2S 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 Na_3PO_4 , yaitu dengan dibuat suatu bahan komposit campuran antara Ag_2S dan Na_3PO_4 dengan variasi konsentrasi Ag_2S .

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 Ag_2S 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 Ag_2S merk Sigma Aldrich dengan kemurnian 99,9% dan Na_3PO_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 Ag_2S dicampur dengan Na_3PO_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 :

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

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

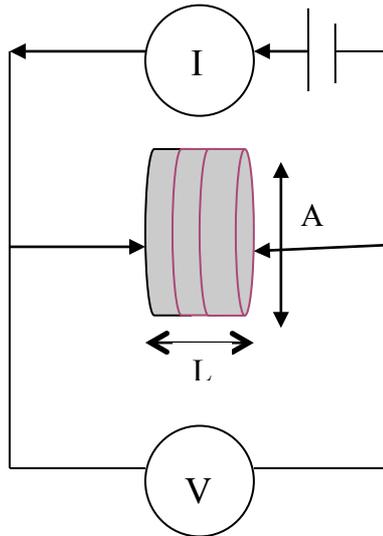
Persamaan 1 dan 2 digabungkan, didapat suatu persamaan:

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

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

Tabel 1. Perbandingan komposisi Ag_2S dan Na_3PO_4

x	Ag_2S (g)	Na_3PO_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, σ_{dc} = konduktivitas DC pada saat frekuensi $\omega = 2\pi f = 0$, n = fraksi eksperimen Jonscher. Dengan membuat kurva antara log σ terhadap log f, didapat nilai konduktivitas $\sigma_0 = \sigma_{dc}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

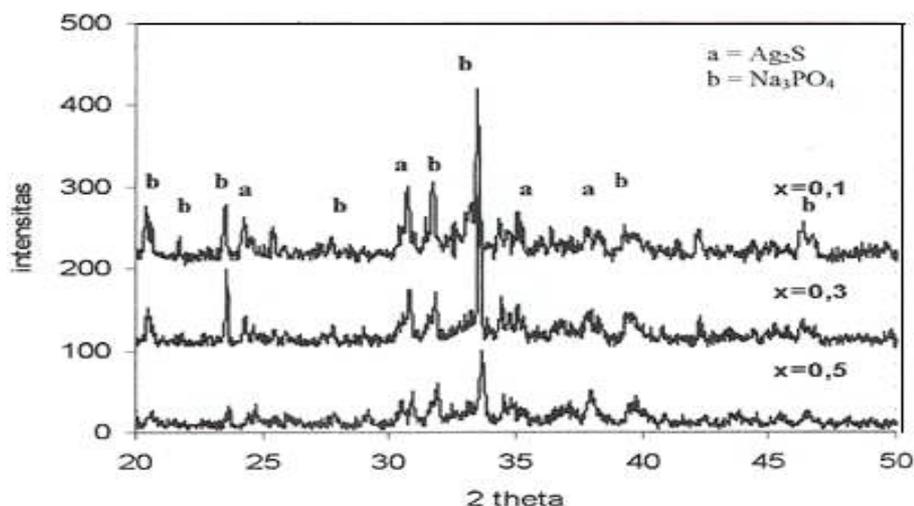
Difraksi Sinar-X

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 2θ . Pergeseran sudut 2θ 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 ₃ PO ₄	23,59	Na ₃ PO ₄	23,69	Na ₃ PO ₄
25,32	Ag ₂ S	25,35	Ag ₂ S	25,35	Ag ₂ S
27,70	Na ₃ PO ₄	27,77	Na ₃ PO ₄	27,86	Na ₃ PO ₄
30,73	Ag ₂ S	30,80	Ag ₂ S	30,92	Ag ₂ S
31,71	Ag ₂ S	31,79	Ag ₂ S	31,86	Ag ₂ S
33,46	Na ₃ PO ₄	33,53	Na ₃ PO ₄	33,67	Na ₃ PO ₄
39,54	Na ₃ PO ₄	39,57	Na ₃ PO ₄	39,74	Na ₃ PO ₄
46,32	Ag ₂ S	46,41	Ag ₂ S	46,49	Ag ₂ S

Konduktivitas

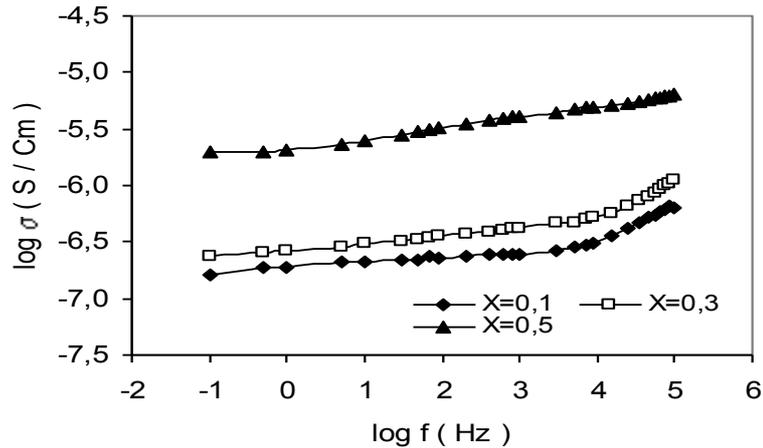
Pengukuran konduktivitas dan impedansi komposit $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ dilakukan pada frekuensi mulai 0,1 Hz sampai dengan 100 kHz seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 3, konduktivitas pada bahan komposit $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ naik seiring dengan semakin bertambahnya frekuensi dan konsentrasi Ag₂S, 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 Ag₂S ke dalam fase gelas Na₃PO₄. Naiknya konduktivitas dikarenakan adanya difusi Ag₂S ke dalam gelas Na₃PO₄ yang menyebabkan bertambahnya jumlah pembawa muatan dan jumlah ion positif (Padma and Yashonath 2006). Adanya difusi Ag₂S ke dalam fase gelas Na₃PO₄ akan menurunkan energi aktivasi yang diperlukan untuk bergerak dari satu kisi ke kisi yang lain dan meningkatkan mobilitas ion positif sehingga

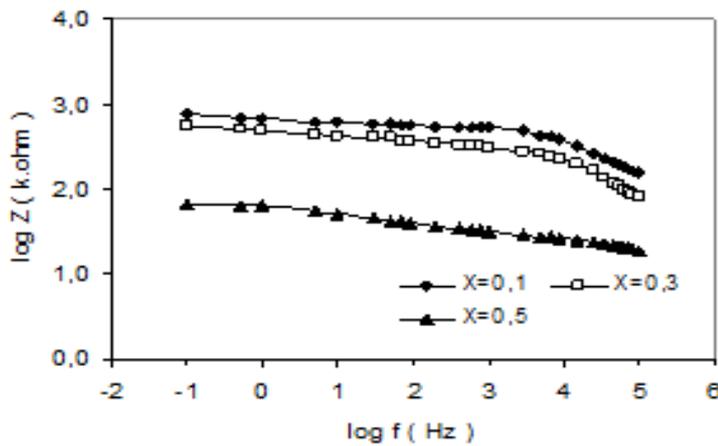
konduktivitas akan meningkat. Ag₂S ini berperan sebagai pemutus rantai fosfat, sehingga panjang rantai semakin turun dengan peningkatan Ag₂S (Jadhav *et al.* 2013, Kobayashi 2006).

Putusnya rantai fosfat untuk memudahkan ion-ion positif (Ag⁺) 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 Ag₂S. Impedansi komposit menunjukkan pola yang sama untuk variasi konsentrasi Ag₂S. Impedansi komposit $(Ag_2S)_x(Na_3PO_4)_{1-x}$ turun seiring dengan bertambahnya Ag₂S ke dalam gelas Na₃PO₄. 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)	σ_0 (S/cm)	Z (k.ohm)
Ag ₂ S-01	0,09	$1,64 \times 10^{-7}$	833,10
Ag ₂ S-03	0,11	$2,34 \times 10^{-7}$	603,39
Ag ₂ S-05	0,09	$2,14 \times 10^{-6}$	61,18

Keterangan : σ_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.

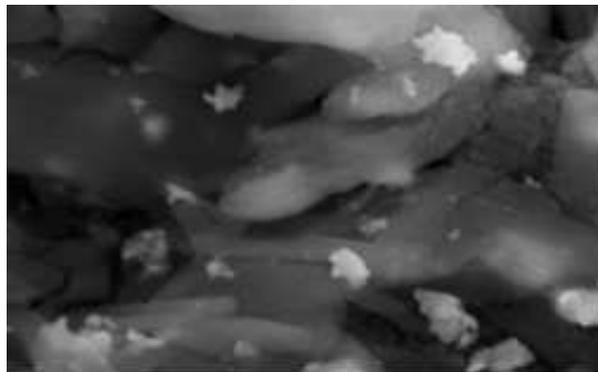
Pengaruh difusi Ag_2S pada batas butir Na_3PO_4 menyebabkan morfologi permukaan menjadi kecil. Analisis morfologi permukaan pada komposit $(Ag_2S)_{0,3}(Na_3PO_4)_{0,7}$ dengan *EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)*, dengan hasil yaitu unsur C, Na, P, S, dan Ag, ditunjukkan pada Gambar 6. Dari morfologi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

lempengan pada $x = 0,1$ dan setelah penambahan Ag_2S , 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

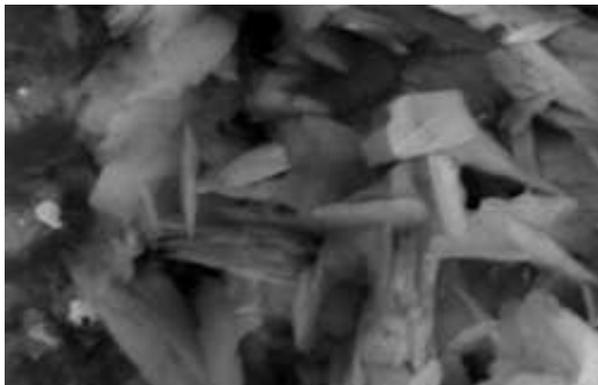
berbentuk lempeng ini mempengaruhi pada pergeseran sudut 2θ seiring dengan bertambahnya Ag_2S , begitu juga dengan perubahan pada konduktivitas pada komposit $(\text{Ag}_2\text{S})_{0,3}(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{0,7}$.



(a)

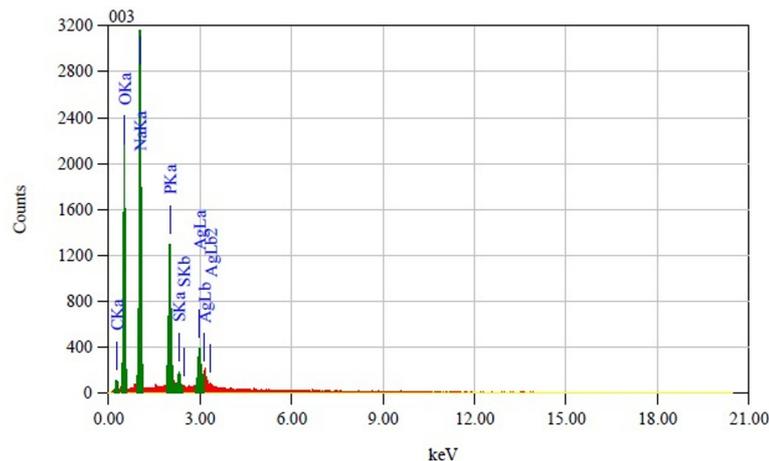


(b)



(c)

Gambar 5. Struktur mikro komposit $(\text{Ag}_2\text{S})_x(\text{Na}_3\text{PO}_4)_{1-x}$ dengan variasi konsentrasi Ag_2S , 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-Al₂O₃ 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⁻. *Int. J. Electrochem. Sci.* 8 : 10122 – 10128.
- Yang, M. and J. Hou. 2012. Membranes in lithium ion batteries. *Membranes* 2 : 367-383.