

SINTESIS DAN PENGUKURAN KONDUKTIVITAS LISTRIK KONDUKTOR SUPERIONIK GELAS $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$

Saeful Yusuf

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspipstek, Serpong 15314, Tangerang

ABSTRAK

SINTESIS DAN PENGUKURAN KONDUKTIVITAS LISTRIK KONDUKTOR SUPERIONIK GELAS $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$. Telah disintesis konduktor superionik berbasis gelas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dengan x bervariasi yaitu 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 dan 0,8 menggunakan teknik *quenching* dengan pendinginan nitrogen cair. Sifat termal $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ yang terbentuk diamati dengan menggunakan *Differential Thermal Analysis (DTA)*, sedangkan fasa kristal dan *amorf* diamati dengan teknik difraksi sinar- x (*XRD*). Konduktivitas ionik dari $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ diamati dengan cara mengukur hambatan listrik menggunakan *metode-ac* yang menerapkan prinsip jembatan *wheatstone* pada suhu yang bervariasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu transisi gelas, suhu kristalisasi dan suhu lebur $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ menurun dengan bertambahnya kandungan AgI. Hasil pengukuran sifat termal dan *XRD* tidak menunjukkan adanya transisi fasa β AgI menjadi fasa α AgI pada bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$. Konduktivitas ioniknya $\approx 10^{-4}$ S/cm pada suhu kamar atau sekitar seribu kali lebih tinggi dibandingkan AgI murni. Konduktivitas juga bertambah dengan naiknya suhu. Bahan $(AgI)_{0,5}Ag_2O-B_2O_3$ memiliki konduktivitas paling tinggi dibandingkan konduktivitas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ pada komposisi lain.

Kata kunci : Konduktivitas listrik, superionik gelas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$, *XRD*, *DTA*

ABSTRACT

SYNTHESIS and ELECTRICAL CONDUCTIVITY MEASUREMENT of SUPERIONIC GLASSES of $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$. Superionic conductor glasses of $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ for $x = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ and 0.7 have been synthesized by using a quenching technique. The synthesis of $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ has been done by mixing of AgI and $Ag_2O-B_2O_3$ molten then quenching the mixture into the liquid nitrogen. Thermal properties of $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ have been measured by using differential thermal analyzer. XRD have been used to observed diffraction pattern of sample. Ionic conductivity of sample was measured at various temperatures using ac-method with a wheatstone bridge principle. The results showed that the temperature of glasses transition, crystallization and melting point of of $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ are going down when the concentration of AgI have increased. The thermal properties and XRD measurement showed that the transition of β AgI to α AgI is not happen. Ionic conductivity of samples are about 10^{-4} S/cm at the room temperature, there is one thousand times higher compared to the AgI. The ionic conductivity of samples increased when the temperature is going up. The conductivity of $(AgI)_{0,5}Ag_2O-B_2O_3$ higher compared another composition.

Key words : Electric conductivity, $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ superionic glasses, *XRD*, *DTA*

PENDAHULUAN

Konduktor superionik AgI banyak dijadikan objek penelitian karena selain konduktivitasnya sangat tinggi juga terjadi perubahan fasa seiring dengan kenaikan suhu [1-5]. Namun demikian bahan tersebut tidak bersifat konduktor superionik pada suhu kamar sehingga pemanfaatannya sangat terbatas. Untuk meningkatkan sifat AgI telah dibuat paduan dengan garam lain seperti garam perak sulfida dan rubidium iodida sehingga terbentuk konduktor superionik Ag_3SI dan $RbAg_4I_6$.

Penelitian bahan konduktor superionik gelas menarik untuk dilakukan karena bahan tersebut diyakini

memiliki konduktivitas yang cukup tinggi pada suhu kamar, bentuknya dapat dicetak sesuai keinginan dan secara kimia lebih stabil terhadap udara atau panas dibandingkan dalam bentuk senyawa garam. Dengan demikian bahan konduktor superionik gelas dapat memperbaiki kelemahan dari bahan konduktor dalam bentuk garam. Potensi pemanfaatan bahan konduktor superionik gelas cukup luas antara lain sebagai baterai zat padat (*solid state batteries*), sel bahan bakar (*fuel cells*) dan jendela cerdas (*smart windows*) [6].

Bahan konduktor superionik gelas umumnya terdiri dari 3 komponen yaitu komponen jaringan gelas

(network former) seperti B_2O_3 , SiO_2 dan P_2O_5 , komponen network modifier seperti LiO , Ag_2O , Na_2O , BaO dan MgO , komponen doping salt seperti AgI , CuI , $AgBr$, dan Ag_2S .

Sebagai contoh bahan konduktor superionik gelas yang telah dipelajari dengan cukup baik adalah $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$. Hasil pengujian difraksi neutron menunjukkan bahwa bahan tersebut memiliki pola difraksi amorf kecuali untuk nilai $\geq 0,7$ lebih bersifat kristalin [6-8]. Ditinjau dari sifat fisisnya, kekerasan bahan dan ekspansi termal $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$ berkurang dengan bertambahnya kandungan AgI [9]. Yang menarik dari bahan tersebut adalah sifat konduktivitasnya yang relative tinggi pada suhu kamar. Bila AgI memiliki konduktivitas listrik sekitar 10^{-7} S/cm pada suhu kamar, maka konduktivitas bahan superionik gelas $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$ 3-4 orde lebih tinggi. Harga konduktivitas meningkat dengan bertambahnya doping AgI , sehingga $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$ dapat digolongkan sebagai bahan superionik [10].

Oksida boron merupakan komponen pembentuk gelas sehingga dapat digunakan sebagai salah satu komponen bahan konduktor superionik gelas. Dengan menambahkan bahan Ag_2O sebagai network modifier maka akan terbentuk suatu senyawa gelas sistem $Ag_2O-B_2O_3$. Apabila konduktor ionik AgI ditambahkan sebagai doping salt, diharapkan akan terbentuk suatu bahan dengan komposisi $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ yang bersifat konduktor superionik pada suhu kamar seperti halnya $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$.

Pada penelitian ini telah disintesis bahan konduktor superionik $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ berbasis gelas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dengan x yang bervariasi yaitu 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 dan 0,8. Tujuannya adalah diperoleh suatu bahan konduktor supeberbasis gelas pada suhu kamar serta memahami sifat-sifat kimia dan fisiknya. Teknik pendinginan secara cepat (*quenching*) digunakan dengan harapan AgI yang terbentuk dalam sistem gelas tetap dalam fasa α sehingga konduktivitas tinggi. Untuk memahami sifat termal dari $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ digunakan differential thermal analysis (DTA), sedangkan fasa kristal dan amorf diamati dengan teknik difraksi sinar-x (XRD). Konduktivitas ionik dari $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ diamati dengan cara mengukur hambatan listrik menggunakan metode-ac yang menerapkan prinsip jembatan wheatstone pada suhu yang bervariasi.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah perak nitrat, kalium yodida dan asam borat buatan E-Merck dengan kualitas pro analysis. Peralatan yang digunakan adalah *Differential Thermal Analyser* (DTA SETARAM type 424S), difraktometer sinar-x

(Shimadzu type XD-610) dan *High Precision LCR Delica Minibrige* model D.

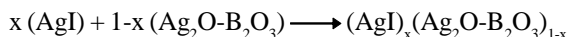
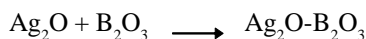
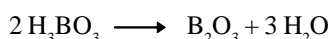
Sintesis $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$

$(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dibuat melalui beberapa tahapan yaitu pembuatan AgI dari garam $AgNO_3$ dan KI , pemisahan β - AgI dari γ - AgI , dan yang terakhir adalah pembuatan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dari AgI , $AgNO_3$ dan H_3BO_3 .

AgI dibuat dengan cara melarutkan 10 g $AgNO_3$ ke dalam 100 mL air bebas mineral sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Larutan 15 g KI dalam 100 mL air ditambahkan ke dalamnya tetes demi tetes sehingga terbentuk suatu endapan berwarna kuning AgI . Selanjutnya endapan didekantasi dan disaring kemudian dibilas dengan air bebas mineral beberapa kali sehingga endapan AgI yang terbentuk bebas dari senyawa KNO_3 . Pengeringan AgI dilakukan dalam oven pada suhu $90^\circ C$ selama 24 jam.

AgI yang diperoleh diatas merupakan campuran fasa β AgI dan γ AgI yang stabil pada suhu kamar [10]. Fasa γ AgI tidak akan bersifat konduktor superionik walau pada suhu tinggi sehingga perlu dipisahkan. Sedangkan fasa β AgI akan berubah menjadi fasa α AgI yang memiliki struktur kubus dan konduktivitas tinggi. Pemisahan β AgI dari γ AgI dilakukan dengan cara melarutkan endapan AgI dalam larutan KI jenuh. Selanjutnya air bebas mineral ditambahkan ke dalamnya tetes demi tetes sehingga terbentuk kembali endapan kuning AgI , fasa β AgI [10].

Pembuatan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dilakukan dengan cara mencampur AgI , $AgNO_3$ dan H_3BO_3 dengan perbandingan mol yang tepat untuk berbagai komposisi atau nilai x. Campuran diletakan dalam cawan porselin dan dipanaskan dalam oven dengan laju pemanasan $100^\circ C/jam$. Suhu pemanasan dipertahankan pada $600^\circ C$ selama 1 jam. Selanjutnya campuran yang telah melebur dituangkan kedalam cetakan berdiameter 10 mm terbuat dari teflon dalam suasana nitrogen cair. Reaksi kimia yang terjadi diperkirakan sebagai berikut :



Karakterisasi Bahan

Differential thermal analyser digunakan untuk mengukur sifat termal dari bahan. Seberat 0,04 g bahan ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan alumina yang ditempatkan dalam ruang cupkan peralatan *DTA*. Laju pemanasan sampel $15^\circ C/menit$ dengan kisaran suhu $20^\circ C$ hingga $700^\circ C$.

Untuk mengetahui pola difraksi bahan digunakan difraktometer sinar-x. Kondisi pengukuran sinar-x adalah target Cu, tegangan 30 kV, scan mode continue, arus 30 mA, scan speed 4°/menit, skala penuh 1 kcps, preset time 1 detik dan 2θ range 5° hingga 80°.

Sedangkan High Precision LCR Delica Minibrige model D1 digunakan untuk mengukur konduktivitas dengan cara mengamati tahanan listriknya. Besarnya konduktivitas listrik dihitung berdasarkan dua persamaan berikut:

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

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

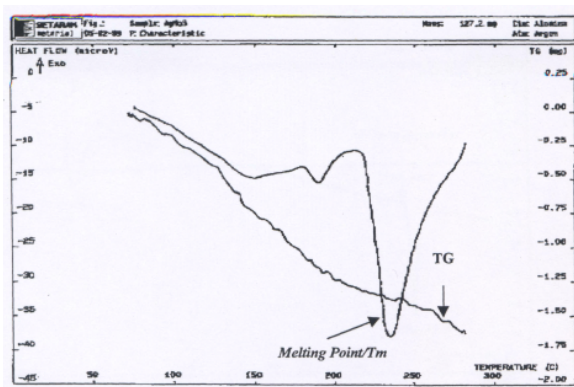
dimana :

- R = tahanan listrik (ohm)
- L = panjang cuplikan AgI (cm)
- A = luas penampang cuplikan (cm³)
- ρ = resistivitas (ohm cm)
- σ = konduktivitas (ohm⁻¹cm⁻¹ atau S/cm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

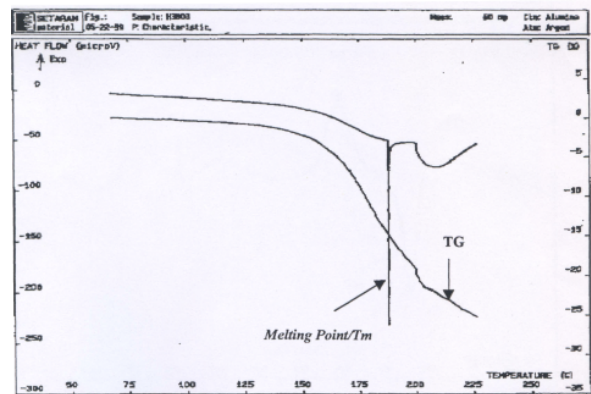
Sifat Termal

Pada suhu kamar $AgNO_3$ berupa kristal berwarna putih dan mudah sekali teroksidasi membentuk senyawa Ag_2O yang berwarna hitam terutama bila terkena cahaya matahari. Dari data termogram $AgNO_3$ pada Gambar 1, memperlihatkan bahwa $AgNO_3$ mulai melebur pada suhu sekitar 212 °C namun demikian telah terjadi dekomposisi $AgNO_3$ menjadi Ag_2O dan NO_x yang berupa gas berwarna kuning kecoklatan ketika bahan tersebut dipanaskan. Hal ini terlihat dari data termal gravimetri (TG) yang menunjukkan penurunan berat sewaktu pemberian panas.



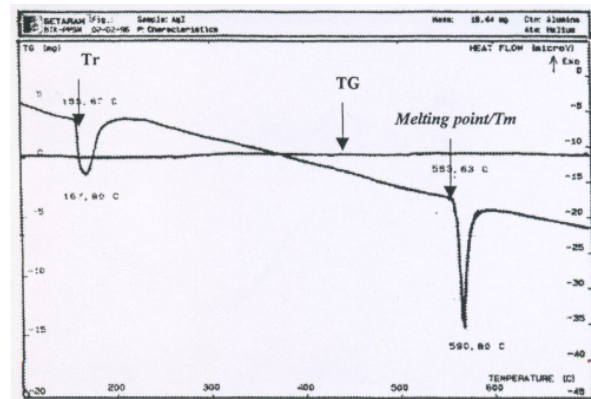
Gambar 1. Termogram $AgNO_3$

Asam borat (H_3BO_3) memiliki titik lebur yang lebih jelas dibandingkan $AgNO_3$, bahan ini melebur pada suhu sekitar 185 °C seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Seperti pada $AgNO_3$ bahan inipun mengalami dekomposisi pada saat pemanasan hal ini terlihat pada grafik TGnya. Asam borat terdekomposisi menjadi oksida boron (B_2O_3) dan



Gambar 2. Termogram H_3BO_3

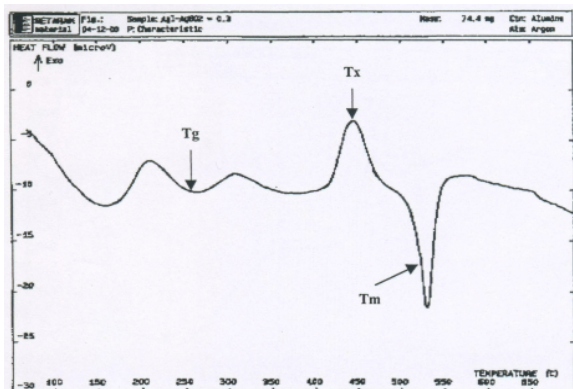
air (H_2O). Gambar 3 adalah termogram dari AgI. Terdapat dua puncak yang jelas sekali yaitu pada sekitar 150 °C yang merupakan transisi dari fasa β AgI menjadi fasa α AgI. Sedangkan suhu sekitar 552 °C adalah suhu lebur dari α AgI.



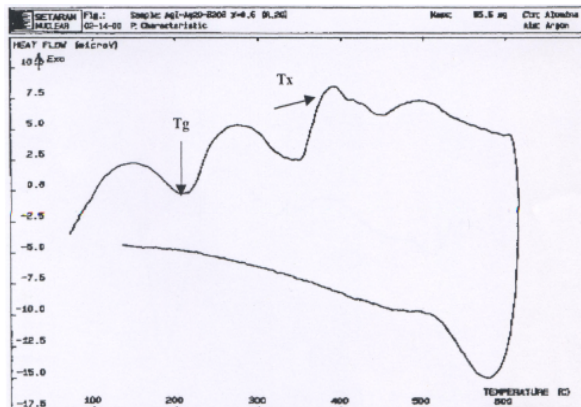
Gambar 3. Termogram AgI

Apabila H_3BO_3 dicampur $AgNO_3$ dan dipanaskan sampai keduanya melebur maka diperkirakan akan terbentuk paduan oksida perak dan boron ($Ag_2O-B_2O_3$). Penambahan AgI pada sistem $Ag_2O-B_2O_3$ dengan jumlah yang bervariasi maka akan terbentuk suatu bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$.

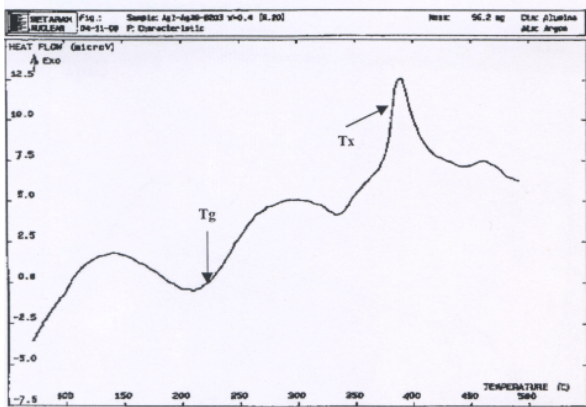
Hasil pengukuran sifat termal $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ untuk nilai $x=0,3$ sampai dengan $x=0,7$ ditunjukkan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 8. Pada bahan $(AgI)_{0,3}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,7}$, terlihat adanya tiga proses. Pertama adalah proses endotermis yang merupakan suhu transisi gelas (T_g) dengan karakteristik perubahan suhu sekitar 250 °C. Pada suhu gelas ini terjadi perubahan fasa gelas yang padat menjadi fasa cairan super dingin (*super cooled liquid*) yang viskositasnya jauh lebih rendah dari gelas tapi masih lebih tinggi dari cairan [11]. Proses berikutnya adalah eksotermis dimana cairan super dingin tadi berubah fasa menjadi kristalin pada suhu $T_x \pm 450$ °C. Proses yang ketiga bersifat endotermis yakni kristal yang telah terbentuk pada suhu 450 °C tersebut melebur kembali



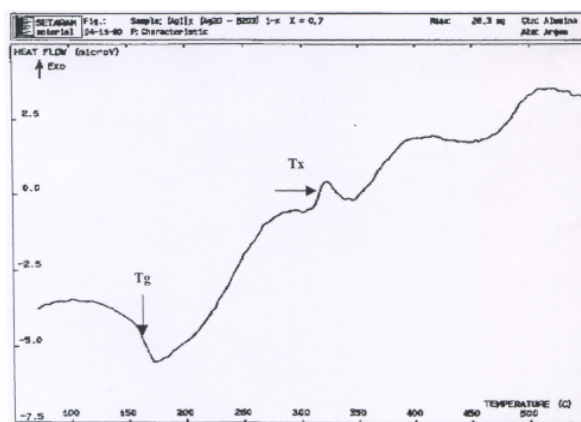
Gambar 4. Termogram $(AgI)_{0,3}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,7}$



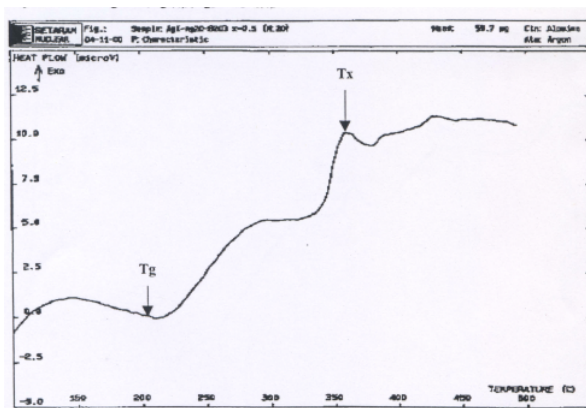
Gambar 7. Termogram $(AgI)_{0,6}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,4}$



Gambar 5. Termogram $(AgI)_{0,4}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,6}$



Gambar 8. Termogram $(AgI)_{0,7}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,3}$



Gambar 6. Termogram $(AgI)_{0,5}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,5}$

pada suhu pada suhu T_m sekitar $530\text{ }^\circ\text{C}$. Pola sifat termal yang dimiliki $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ untuk $x = 0,4$, $x = 0,5$, $x = 0,6$ dan $x = 0,7$, hampir sama dengan $x = 0,3$.

Secara umum suhu transisi gelas, suhu kristalisasi dan suhu lebur menurun dengan bertambahnya garam AgI (nilai x). Penjelasan yang masuk akal adalah bahwa ikatan yang terjadi antara Ag_2O-Ag_2O , $Ag_2O-B_2O_3$ atau $B_2O_3-B_2O_3$ pada sistem $(Ag_2O-B_2O_3)$ gelas terganggu dengan adanya sisipan garam AgI. Penambahan AgI akan mengakibatkan turunnya kuat ikatan diantara molekul gelas sistem $(Ag_2O-B_2O_3)$, sehingga

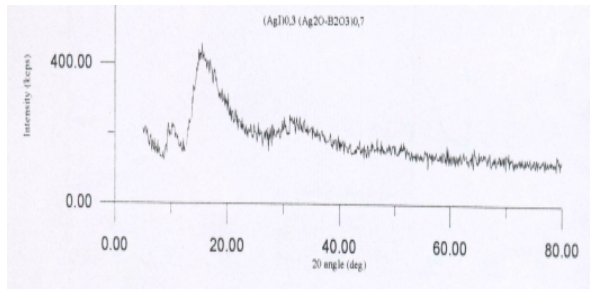
mengakibatkan rantainya mudah lepas. Namun demikian penjelasan tersebut di atas masih perlu dibuktikan dengan percobaan.

Pengamatan secara visual juga menunjukkan bahwa kekerasan bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$, berkurang dengan bertambahnya nilai x . Data termal juga menunjukkan bahwa perubahan fasa β AgI menjadi fasa α AgI pada suhu sekitar $150\text{ }^\circ\text{C}$ tidak terjadi.

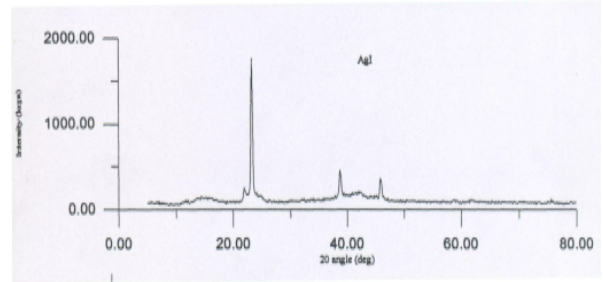
Struktur Kristal

Data hasil pengamatan bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dan AgI dengan difraktometer sinar-x ditunjukkan dalam Gambar 9 sampai dengan Gambar-14. Pola difraksi bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ untuk $x = 0,3$ sampai dengan $x = 0,6$ menunjukkan kemiripan, dimana puncak-puncaknya tidak tajam.

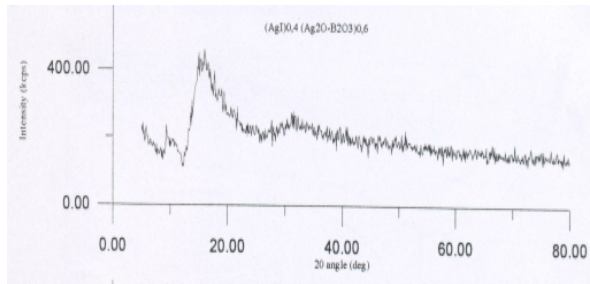
Pola difraksi seperti ini umumnya dimiliki oleh bahan yang *amorf*. Berbeda halnya dengan $(AgI)_{0,7}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,3}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 13, sifat kristalinitasnya tampak sangat jelas, dan memiliki kemiripan dengan pola difraksi AgI pada Gambar 14. Pada suhu kamar AgI tersebut berada pada fasa- β dan memiliki struktur heksagonal.



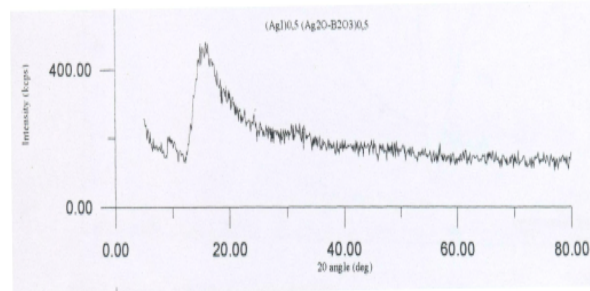
Gambar 9. Difraktogram $(AgI)_{0,3}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,7}$



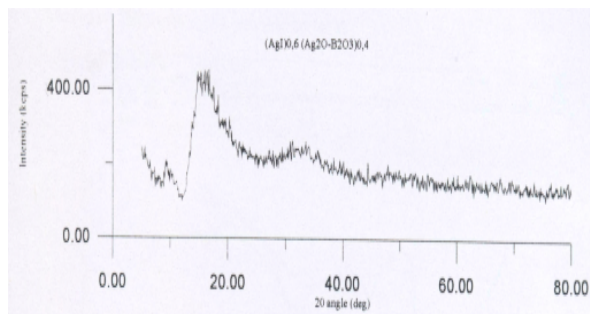
Gambar 14. Thermogram AgI



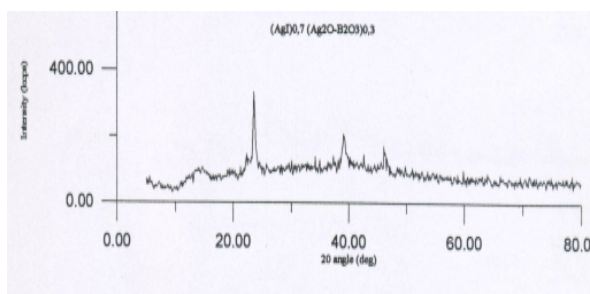
Gambar 10. Difraktogram $(AgI)_{0,4}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,6}$



Gambar 11. Difraktogram $(AgI)_{0,5}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,5}$



Gambar 12. Difraktogram $(AgI)_{0,6}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,4}$



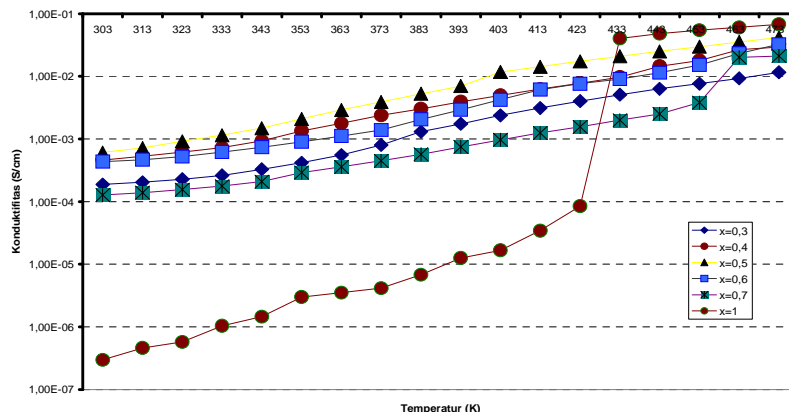
Gambar 13. Difraktogram $(AgI)_{0,7}(Ag_2O-B_2O_3)_{0,3}$

Konduktivitas Ionik

Konduktivitas ionik bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ untuk berbagai nilai x telah diukur mulai dari suhu kamar (303 K) sampai dengan 473 K. Gambar 15 adalah data hasil pengukuran konduktivitas ionik $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ yang dibandingkan terhadap konduktivitas ionik AgI dari hasil penelitian sebelumnya [11]. Pada suhu kamar konduktivitas ionik $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x} \approx 10^{-4}$ S/cm jauh lebih tinggi dibandingkan konduktivitas AgI $\approx 10^{-7}$ S/cm atau 1000 kali konduktivitas AgI. Hal ini mungkin disebabkan AgI yang terperangkap dalam sistem gelas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ masih berada dalam fasa α AgI sehingga memungkinkan ion-ion lebih mudah bergerak. Namun demikian perlu dilakukan analisis struktur $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ lebih mendalam, karena dengan metode difraksi sinar-x, informasi tersebut tidak diperoleh.

Dari data tersebut terlihat pula bahwa konduktivitas ionik bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ bertambah dengan naiknya suhu. Tetapi tidak terjadi loncatan harga konduktivitas pada suhu sekitar 150 °C, hal ini mengindikasikan tidak ada perubahan fasa β AgI menjadi fasa α AgI seperti yang terjadi pada AgI murni. Komposisi optimum adalah pada $x = 0,5$ atau $(AgI)_{0,5}Ag_2O-B_2O_3)_{0,5}$, dimana konduktivitas ioniknya lebih tinggi dibandingkan pada komposisi yang lain. Konduktivitas bahan $(AgI)_{0,5}Ag_2O-B_2O_3)_{0,5}$ juga hampir sama dengan konduktivitas AgI pada suhu sekitar 423 K, dimana AgI berada dalam fasa α -AgI yang memiliki struktur kubus. Data difraktogram $(AgI)_{0,7}Ag_2O-B_2O_3)_{0,3}$ menunjukkan bahwa bahan ini lebih bersifat semi kristalin, dan diperkuat dengan dengan dengan data termalnya dimana puncak suhu transisi gelas dan kristalisasi kurang tampak jelas dibandingkan komposisi lain yang lebih *amorf*. Demikian pula $(AgI)_{0,7}Ag_2O-B_2O_3)_{0,3}$ memiliki pola konduktivitas yang mirip dengan AgI, dimana terjadi kenaikan yang cukup tajam pada suhu sekitar 450 K.

Bila dibandingkan dengan harga konduktivitas ionik sistem $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$ yang telah dilaporkan sebelumnya [10], ternyata besarnya konduktivitas ionik $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ hampir sama. Pada suhu kamar konduktivitas keduanya sekitar 10^{-4} S/cm hingga 10^{-3} S/cm. Demikian pula gradien kenaikan



Gambar 15. Konduktivitas ionik $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dan AgI pada suhu berbeda.

konduktivitasnya hampir sama dengan bertambahnya suhu. Dari perbandingan ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan diantara bahan gelas $AgPO_3$ dan Ag_2O_3 terhadap nilai konduktivitas ionik AgI.

KESIMPULAN

Telah berhasil disintesis konduktor superionik gelas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ dengan metode quenching. Hasil karakterisasi struktur menunjukkan bahwa $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ memiliki pola difraksi amorf untuk $x = 0,3 \sim x = 0,6$, sedangkan pada $x = 0,7$ pola difraksinya semi kristalin. Suhu transisi gelas, suhu kristalisasi dan suhu lebur $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ menurun dengan bertambahnya kandungan AgI. Hasil pengukuran sifat termal tidak menunjukkan adanya transisi fasa β AgI menjadi fasa α AgI pada bahan $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$. Konduktivitas ioniknya $\approx 10^{-4}$ S/cm pada suhu kamar atau kira-kira seribu kali lebih tinggi dibandingkan AgI murni. Konduktivitas juga bertambah dengan naiknya suhu. Bahan $(AgI)_{0,5}Ag_2O-B_2O_3)_{0,5}$ memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan konduktivitas $(AgI)_x(Ag_2O-B_2O_3)_{1-x}$ pada komposisi lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Abarrul Ikram selaku kepala Balai Spektroskopi Neutron, atas izin untuk menggunakan peralatan furnace dan alat ukur konduktivitas. Kepada Drs. Bambang Sugeng M.T. dan Dra. E. Hertinvyana atas bantuannya dalam pengukuran struktur dan termal.

DAFTARACUAN

- [1]. WRIGHT, A.F. and FENDER, B.E.F, *J. Phys. C: Solid State Phys.*, **10** (1977) 2261-2267
- [2]. YOSHIASA, A., INABAA., ISHII, T., and KOTO, K., *Solid State Ionic*, **79** (1995) 67-70
- [3]. YUSUF, S., TAUFIK, BAMBANG SUGENG dan HARJOTO DOJOSUBROTO, Pengaruh

Temperatur pada Koefisien Difusi D_a dan Struktur Kristal Senyawa AgI, *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir*, PPTN-BATAN, Bandung, (1997)

- [4]. YUSUF, S., ADEL FISLI, RUKIHATI and SUTISNA, Penentuan Koefisien Difusi Konduktor Superionik AgI dengan Metode Perunut Radioaktif, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II*, P3IB-BATAN, (1997)
- [5]. SUPANDI dan KARTINI, *Konduktor Padat*, **2**(1) (2001) 33-40
- [6]. T. PRIYANTO, E. KARTINI, YUSUF S., M.F. COLLINS, N. INDAYANINGSIH, E.C.SVENSSON and S.J. KENNEDY, Studi Difraksi Neutron pada Intermediate Range Ordering dalam Gelas Konduktor Superionik $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah P3TM-BATAN*, Yogyakarta, (1999)
- [7]. E. KARTINI, P. TRI HARDI, YUSUF S., SETIAWAN, H. MUGY RAHARDJO, N. INDAYANINGSIH and S.J. KENNEDY. Preliminary Study on SICG $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$ by Neutron Scattering, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi III*, Serpong, (1998)
- [8]. E. KARTINI, M.F. COLLINS, N. INDAYANINGSIH and E.C. SVENSSON, *Solid State Ionic*, **138** (2000) 115-121
- [9]. N. INDAYANINGSIH, E. KARTINI, T. PRIYANTO, YUSUF S., E. PANJAITAN, Karakterisasi Sifat Fisis Bahan Konduktor Superionik Berbasis Gelas $(AgI)_x(AgPO_3)_{1-x}$, *Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII*, (2000)
- [10]. YUSUF, S, E. KARTINI, T. PRIYANTO dan NANIK. I, Sintesis dan Pengukuran Konduktivitas Listrik Pada Konduktor Superionik Gelas, *Prosiding Seminar Nasional Kimia V*, Yogyakarta, (1999)
- [11]. YUSUF, S, Hubungan Koefisien Difusi D_a dan D_t dengan Konduktivitas Listrik dan Struktur Superionik AgI, *Prosiding Presentasi Ilmiah Studi Program Doktor dan Magister*, Jakarta (1998)