

Pembuatan dan Karakterisasi Elektrolit Padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$: (I)

Linda Suyati^{a*}, Rahmad Nuryanto^a, Rahmaniar Anggrayni^a

^a Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

* Corresponding author: linda_suyati@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:
Solid electrolyte,
 $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$

Kata kunci:
elektrolit padat,
 $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$

Abstract

The synthesis of a solid electrolyte $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ has been conducted. Solid materials with metal ions as an energy source are new findings that are applied. This is because the material does not cause electrolyte leakage as liquid electrolyte. In the solid electrolyte the neater and more compact the structure, the better the conductivity while the higher the electrolyte concentration the more difficult it is to deliver the electrons. Preparation of $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ crystals was carried out by mixing Na acetate, Mn acetate with a variation of sodium acetate 0.1; 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 M with Mn acetate and Mg acetate of 0.3 M. The resulted solids were then measured their resistances and calculated their conductivities. The results showed that the solids formed in the form of crystals and the higher concentration of Na solution, then conductivities tended to decrease.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$. Material padat dengan ion logam sebagai sumber energi merupakan temuan baru yang diterapkan. Hal ini disebabkan karena material tersebut tidak menyebabkan kebocoran elektrolit sebagaimana elektrolit cair. Pada elektrolit padat semakin rapi struktur dan semakin kompak akan semakin baik konduktivitasnya sementara semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka semakin sulit menghantarkan elektron. Pembuatan kristal $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ dilakukan dengan pencampuran Na asetat, Mn asetat dengan variasi Na asetat 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 dan 0,5 M dengan Mn asetat dan Mg asetat 0,3 M. Hasil padatan kemudian diukur hambatannya dan dihitung konduktivitasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa padatan yang terbentuk berbentuk kristal dan semakin tinggi konsentrasi larutan Na, maka konduktivitasnya cenderung semakin menurun.

1. Pendahuluan

Energi tidak akan lepas dari kehidupan manusia. Konsumsi energi yang sedemikian tinggi menyebabkan sumber energi minyak bumi semakin menipis, oleh karena itu perlu adanya sumber energi alternatif. Salah satu upaya sumber energi alternatif adalah mengembangkan baterai. Baterai merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan tegangan konstan sebagai hasil reaksi kimia. Ion bagian dari reaksi yang melewati langsung elektrolit. Elektroda yang teroksidasi disebut anoda dan elektroda yang tereduksi disebut katoda. Elektroda dapat beroperasi jika dapat menghantarkan elektron dalam sistem baterai, sehingga

harus mempunyai daya hantar tinggi, tetapi untuk bisa beroperasi diperlukan separator. Sirkuit terbuka dalam sistem baterai yang dirangkai dalam keadaan standar energi bebas Gibbs yang mampu mengubah reaksi kimia menjadi energi listrik. Alasan utama baterai menjadi energi alternatif karena bentuknya sederhana, ringan, tahan lama dan dapat diisi ulang energinya [1].

Elektrolit merupakan bagian penting dalam sel elektrokimia baik dalam pengoperasiannya maupun dalam sistem kelengkapannya. Selain itu elektrolit harus dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan elektron untuk menjalankan sel elektrokimia [2].

Material padat dengan ion logam sebagai sumber energi merupakan temuan baru yang diterapkan pada baterai lithium atau Li-ion. Hal tersebut disebabkan karena material tersebut tidak menyebabkan kebocoran elektrolit sebagaimana elektrolit cair. Selain itu elektrolit tersebut mudah diisi ulang. Pada elektrolit padat semakin rapi struktur dan semakin kompak akan semakin baik tinggi konsentrasi elektrolit mempengaruhi konduktivitas elektrolit padat, semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka semakin sulit menghantarkan elektron [3].

Pembuatan baterai dengan menggunakan lithium $\text{LiMn}_{2-x}\text{O}_4$ telah dilakukan oleh Bullock dan Kofinas [4]. Pembuatan baterai menyisipkan logam Mg sebagai elektrolit padat telah dilakukan oleh Suryakala dkk. [5] dan Niyompan dan Tipakontitukul [6]. Penyisipan logam Mg ini ditujukan untuk dapat memperbaiki sifat elektrokimia dari LiMn_2O_4 [5]. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ karena bertujuan untuk dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada pada elektrolit padat $\text{LiMn}_2\text{-XO}_4$ yaitu kurangnya homogenitas, permukaan padatan tidak merata, distribusi ukuran partikel yang besar, lemahnya pengontrolan stoikiometri dan lamanya waktu kalsinasi [5]. Pembuatan elektrolit padat ini memvariasi konsentrasi larutan natrium yang digunakan sehingga dapat diketahui penyimpanan energi. Penyisipan logam magnesium diharapkan logam ini dapat memperbaiki sifat elektrokimia dari $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$, seperti struktur dan bentuk produk menjadi lebih baik sehingga lebih stabil dan efektif untuk digunakan [7]. Uji yang dilakukan pada analisis elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ adalah uji konduktivitas dengan mengukur hambatannya. Pada analisis hasil ini akan dibandingkan dengan analisis dari elektrolit padat $\text{LiMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ sehingga dapat diketahui pengaruh perubahan yang terjadi pada konduktivitas setelah Li diganti dengan logam Na pada pembuatan elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ dan penyisipan logam Mg ke dalam elektrolit padat tersebut. Dengan demikian Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan logam Na pada pembuatan elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ terhadap perubahan struktur padatan dan uji konduktivitas.

2. Metode Penelitian.

Pembuatan kristal $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ dilakukan dengan pencampuran $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan asam sitrat. Pengadukan dan pemanasan dengan suhu 80°C selama 6 jam sampai larutan mengental dan jernih, pengeringan dengan suhu 175°C selama 12 jam untuk mendapatkan kristal $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$, dan kalsinasi dengan suhu 800°C selama 6 jam kemudian material yang diperoleh diukur konduktivitasnya dengan konduktometri.

3. Hasil dan Pembahasan

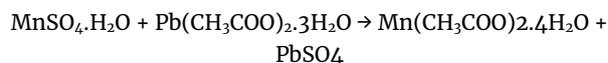
Pembuatan Kristal $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$.

Pembuatan kristal $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ dilakukan dengan pencampuran $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan asam sitrat. Penambahan asam

sitrat bertujuan untuk mengikat logam Na, Mg, dan Mn yang kemudian akan menghasilkan elektrolit padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$. Asam sitrat bertindak sebagai agen pengikat ion logam yang ada, yaitu logam natrium, magnesium, dan mangan. Pengadukan dilakukan selama 6 jam dan menghasilkan larutan jernih dan endapan putih. Larutan jernih yang diperoleh adalah larutan logam-logam asetat dengan asam sitrat, sedangkan endapan putih adalah pengotornya yaitu PbSO_4 yang berbentuk endapan putih [8] yang masih tersisa saat pendekantasian larutan natrium, magnesium, ataupun mangan asetat. Pengadukan disertai pemanasan dengan suhu 80°C selama 2 jam sampai larutan mengental dan jernih. Pengadukan disertai dengan pemanasan bertujuan untuk menghilangkan komponen H_2O yang masih ada didalam larutan tersebut. H_2O dapat menguap pada temperatur kurang dari 100°C [8].

Pengeringan dengan suhu 175°C selama 12 jam untuk mendapatkan $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ dalam bentuk gel. Pada saat evaporasi ini, maka senyawa asetat dan sitrat akan menguap dikarenakan titik didih dari asam asetat dan asam sitrat lebih rendah dari temperatur yang digunakan saat evaporasi yaitu 117°C dan 153°C [8]. Hasil yang diperoleh adalah padatan kristal yang berwarna putih.

Hasil ini berbeda dari perkiraan sebelumnya yaitu padatan yang berwarna hitam pekat. Hal ini disebabkan oleh penggunaan logam mangan sulfat yang berwarna putih kemerahmudaan pada saat dilarutkan ke dalam larutan Pb asetat dihasilkan larutan berwarna putih.



Dilakukan kalsinasi pada temperatur 750°C selama 8 jam bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor seperti asetat, sitrat, dan yang lainnya agar didapatkan hasil kristal yang murni. Penggunaan temperatur 750°C dikarenakan titik didih natrium asetat (anhidrat) mencapai 883°C , sedangkan titik didih mangan dan magnesium mencapai 2061°C dan 1091°C , sehingga pada saat temperatur kalsinasi tersebut, logam-logam natrium, magnesium, dan mangan tidak akan menguap ataupun berubah fasa menjadi gas. Hasil yang diperoleh yaitu pada masing-masing konsentrasi memiliki hasil yang berbeda, di mana pada konsentersasi logam natrium 0,1–0,2M kristal berwarna hitam, pada konsentersasi 0,3–0,4M kristal berwarna kuning kecoklatan, sedangkan pada konsentersasi 0,5M kristal berwarna coklat. Perbedaan warna kristal ini disebabkan oleh perbedaan struktur zat padat pada kristal tersebut. Sekecil apapun perubahan struktur dan komposisi dari suatu zat padat akan mempengaruhi tampilan suatu kristal.

Masing-masing produk yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan warna kristal yang disebabkan oleh perbedaan struktur zat padat pada kristal tersebut. Sekecil apapun perubahan struktur dan komposisi dari suatu zat padat akan mempengaruhi tampilan suatu kristal.

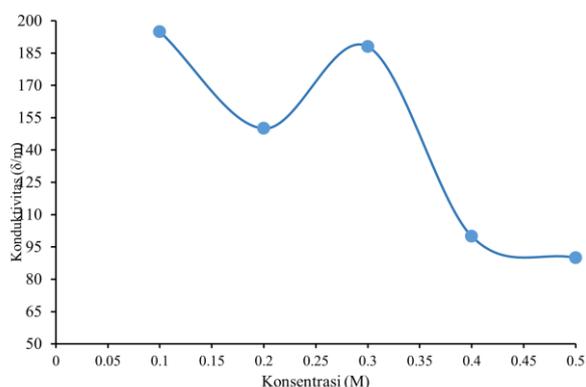
Analisis Mikroskopis Produk $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$.

Pengukuran konduktivitas listrik berbentuk konduktivitas sel yang terdiri atas sepasang elektroda

yang luas permukaannya ditetapkan dengan teliti. Konduktivitas yang diukur dengan sel konduktivitas dinyatakan dengan rumus:

$$k = C \frac{l}{A}$$

di mana; k = konduktivitas (mho/cm) C = konduktansi (mho) A = Luas elektroda (cm²) l = Jarak antara elektroda (cm). Dari persamaan di atas suatu konduktansi dengan nilai 1 mho dapat dinyatakan sebagai kemampuan hantar dari zat cair yang berukuran luas penampang 1 cm² dan jarak 1 cm atau volume zat cair sebesar 1 cm untuk arus 1 ampere dengan tegangan 1 volt. Jika arus yang dapat dihantarkan lebih besar lagi, maka konduktansinya lebih besar pula. Jika pada suatu resistor dialirkan arus yang membesar, maka tahanan akan mengecil. Hasil NaMn_{2-x}Mg_xO₄ diukur hambatannya untuk dapat mengetahui nilai konduktivitasnya. Nilai konduktivitas ini menunjukkan seberapa besar daya hantar dari nanokristalin NaMn_{2-x}Mg_xO₄, Grafik yang diperoleh adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Grafik perbandingan antara konsentrasi dengan konduktivitas

Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa NaMn_{2-x}Mg_xO₄ semain tinggi konsentrasi maka konduktivitasnya semakin rendah hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi maka mobilitas ion semakin rendah sehingga daya hantar listriknya juga semakin rendah sesuai dengan persamaan

$A = k / c$ di mana c adalah konsentrasi dalam molar sedangkan k adalah konduktivitas jenis (mho m⁻¹) sehingga daya hantar molar berbanding terbalik dengan konsentrasi. Pada konsentrasi 0,3 M mempunyai konduktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 0,2M hal ini disebabkan karena pada saat pengukuran konduktivitas menggunakan tekanan yang tidak sama antara satu dengan yang lainnya sehingga dimungkinkan pada konsentrasi 0,3 M tekanan lebih rendah dibandingkan pada konsentrasi 0,2 M.

4. Kesimpulan

Produk NaMn_{2-x}Mg_xO₄ dengan variasi konsentrasi larutan Na yang terbentuk berupa kristal NaMn_{2-x}Mg_xO₄. Semakin tinggi konsentrasi larutan logam Na, maka konduktivitas cenderung semakin turun

5. Ucapan terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini baik berupa moril maupun material guna kemajuan penemuan baru dari material padat ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] Tsutomu Minami, Solid state ionic for batteries, Springer Science & Business Media, 2006.
- [2] S Jouannea, A Le Gal La Salle, A Verbaere, D Guyomard, New Mg and Ca exchanged derivatives of Li_{1.1}V₃O₈: Synthesis, characterization and lithium insertion behavior, Journal of New Materials for Electrochemical Systems, 5, 3, (2002) 191-196
- [3] Heinz Albert Kiehne, Battery technology handbook, CRC Press, 2003.
- [4] Steven E. Bullock, Peter Kofinas, Nanoscale battery materials based on the self-assembly of block copolymers, Journal of Power Sources, 132, 1, (2004) 256-260
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.12.045>
- [5] K Suryakala, G Paruthimal Kalaigan, T Vasudevan, Synthesis and electrochemical improvement of nanocrystalline LiMn_{2-x}Mg_xO₄ powder using sol-gel method, International Journal of Electrochemical Science, 1, 7, (2006) 372-378
- [6] Anuson Niyompan, Rungnapa Tipakontitukul, Preparation of β"-Alumina Solid Electrolyte for Electric Car Battery, in, Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand, 2009.
- [7] Song Jie Hou, Yoichiro Onishi, Shigeyuki Minami, Hajimu Ikeda, Michio Sugawara, Akiya Kozawa, Charging and discharging method of lead acid batteries based on internal voltage control, Journal of Asian Electric Vehicles, 3, 1, (2005) 733-737
<http://doi.org/10.4130/jaev.3.733>
- [8] Arthur Israel Vogel, G. Svehla, Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis, Longman Scientific & Technical, 1987.