



## Pengaruh Variasi Konsentrasi Doping Kobal terhadap Karakteristik Elektrolit Padat $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$ Menggunakan Metode Sol-Gel

Selfina Riska Ardila<sup>a</sup>, Rahmad Nuryanto<sup>a\*</sup>, Taslimah<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

\* Corresponding author: [nuryantorahmad@live.undip.ac.id](mailto:nuryantorahmad@live.undip.ac.id)

### Article Info

**Keywords:**  
solid electrolytes,  
conductivity, sol-  
gel method,  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$

**Kata Kunci:**  
elektrolit padat,  
konduktivitas,  
metode sol-gel,  
 $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$

### Abstract

Research on the effect of variations on the concentration of cobalt doping in the manufacture of solid electrolytes using sol-gel method which was thought to increase the conductivity of the material has been done. The conductivity could be increased by adding cation doping such as cobalt. The preparation of the  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  solid electrolyte was carried out by mixing 0.2 M acetate, 0.3 M acetate M, Polyvinyl Alcohol with Co-acetate variation of 0.025; 0.05; 0.1; 0.2; and 0.4 M. The resulting material was characterized using XRD, SEM-EDS and LCR-meters. The results showed that the highest concentration and doping products produced the highest conductivity of  $3.3174 \times 10^{-6}$  S/cm.

### Abstrak

Penelitian tentang pengaruh variasi konsentrasi doping kobal dalam pembuatan elektrolit padat menggunakan metode sol-gel yang diduga dapat meningkatkan konduktivitas material telah dilakukan. Konduktivitas dapat ditingkatkan dengan menambahkan doping kation seperti kobal. Pembuatan elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  dilakukan dengan pencampuran Na asetat 0,2 M, Mn asetat 0,3 M, Polivinil Alkohol dengan variasi Co asetat 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,4 M. Material yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS dan LCR-meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk dengan konsentrasi dan doping tertinggi menghasilkan konduktivitas tertinggi yaitu sebesar  $3,3174 \times 10^{-6}$  S/cm.

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia semakin meningkat seiring dengan tingkat kemajuan peradaban umat manusia. Pemanfaatan sumber energi konvensional seperti batubara, bahan bakar minyak, gas alam dan lain-lain di satu sisi memiliki biaya operasional murah, namun di sisi lainnya menghadapi kendala yang semakin besar. Kendala tersebut adalah sumbernya semakin berkurang dan lebih penting lagi munculnya persoalan polusi lingkungan hidup yang membahayakan bagi umat manusia itu sendiri. Oleh karena itu, pengembangan sumber tenaga alternatif terbarukan dan bebas polusi menjadi kebutuhan mendesak bagi seluruh umat manusia. Melihat kondisi yang ada, salah satu upaya sumber energi alternatif adalah mengembangkan baterai. Baterai merupakan sel elektrokimia yang

menghasilkan tegangan konstan sebagai hasil reaksi kimia [1]. 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 [2, 3]. Sirkuit terbuka dalam sistem baterai yang dirangkaikan dalam keadaan standar energi bebas Gibbs yang mampu mengubah reaksi kimia menjadi energi listrik. Baterai menjadi energi alternatif karena bentuknya sederhana, ringan, tahan lama dan dapat diisi ulang energinya [4, 5]. Elektrolit merupakan bagian penting dalam sel elektrokimia baik dalam pengoperasiannya maupun dan dalam sistem kelengkapannya. Selain itu elektrolit harus dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan elektron untuk menjalankan sel elektrokimia. Material padat ion

logam merupakan sumber energi yang diterapkan pada baterai lithium dimana terdapat keunggulan yaitu tidak menyebabkan kebocoran elektrolit seperti elektrolit cair [6, 7]. Selain itu elektrolit tersebut mudah diisi ulang. Pada sintesis elektrolit padat ini ditambahkan doping logam agar konduktivitas yang dihasilkan lebih baik, serta semakin tinggi konsentrasi elektrolit, maka akan mempengaruhi konduktivitas yang dihasilkan. Struktur rapi akan mempersulit elektrolit bergerak sehingga memperkecil konduktivitas. Sintesis baterai dengan menggunakan natrium  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$  telah dilakukan oleh Zhang *dkk.* [8] dengan menyisipkan logam Ni sebagai doping. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  bertujuan untuk dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada pada elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$  yaitu kurangnya homogenitas, distribusi ukuran partikel yang besar, meningkatkan konduktivitas. Pembuatan elektrolit padat ini memvariasi konsentrasi larutan logam kobal sebagai doping. Uji yang dilakukan pada analisa elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  adalah XRD, SEM-EDS serta pengujian konduktivitas menggunakan LCR-meter.

## 2. Metode Penelitian

Sintesis elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  dilakukan menggunakan metode sol-gel [6, 9, 10] dengan mencampurkan  $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan aquabidestilata serta PVA. Pengadukan selama 3 jam kemudian pemanasan dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 12 jam sampai diperoleh padatan berwarna ungu kehitaman dan kalsinasi dengan suhu  $800^\circ\text{C}$  selama 4 jam kemudian material yang diperoleh diukur konduktivitasnya dengan LCR-meter.

## 3. Hasil Dan Pembahasan

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

Sintesis elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  dilakukan dengan mencampurkan  $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan aquabidestilata serta PVA. Penambahan PVA berperan sebagai agen pendispersi garam-garam asetat yang kemudian akan menghasilkan elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$ . Pengadukan dilakukan selama 3 jam bertujuan untuk menghomogenisasikan larutan sehingga menghasilkan larutan jernih dan berwarna ungu kemerahmudaan. Pemanasan dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 12 jam bertujuan untuk menghilangkan komponen  $\text{H}_2\text{O}$  yang masih ada didalam larutan tersebut.  $\text{H}_2\text{O}$  dapat menguap pada temperatur kurang dari  $100^\circ\text{C}$  [11].

Dilakukan kalsinasi pada temperatur  $800^\circ\text{C}$  selama 4 jam bertujuan untuk untuk menguapkan zat organik yang masih terdapat dalam sampel dan pembentukan struktur awal padatan kristal dan terjadi pembentukan awal struktur kristal. Penggunaan temperatur  $800^\circ\text{C}$  dikarenakan titik didih natrium asetat(anhidrat) mencapai  $883^\circ\text{C}$ , sedangkan titik leleh mangan dan kobal mencapai  $2061^\circ\text{C}$  dan  $2870^\circ\text{C}$ , sehingga pada saat temperatur kalsinasi tersebut, logam-logam natrium, mangan dan kobal tidak akan menguap ataupun berubah fasa menjadi gas. Hasil yang diperoleh yaitu pada

masing-masing konsentrasi memiliki hasil yang sama hanya saja semakin tinggi variasi konsentrasi doping kobal, maka semakin pekat pula warnanya. Sama halnya dengan warna, berat kristal memperoleh hasil yang linier, dimana semakin tinggi konsentrasi doping kobal, semakin besar pula berat kristal yang dihasilkan.

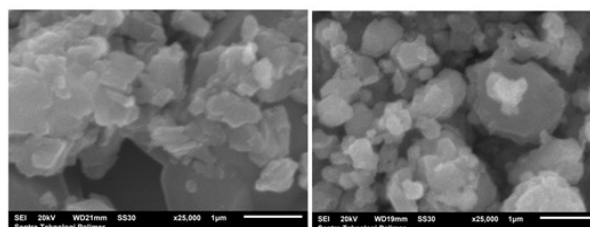
### Karakterisasi Produk $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$

Produk yang diperoleh elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  dikarakterisasikan dengan *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk Mengetahui kristalinitas material, kemudian karakterisasi *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk menentukan morfologi permukaan, ukuran kristal dan komposisi material elektrolit padat karakterisasi selanjutnya yaitu pengukuran konduktivitas menggunakan LCR-meter.

Analisis XRD memperlihatkan senyawa-senyawa utama penyusun spinel elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  berupa logam-logam oksida yang terdiri dari  $\text{NaMnO}_2$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ , sedangkan  $\text{MnO}_2$  adalah hasil samping dari pembentukan produk utama elektrolit padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$ .

Analisis LCR-meter dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan padatan dalam menghantarkan arus listrik. Pengukuran konduktivitas elektrolit padat dengan konsentrasi kobal asetat 0,4 M memiliki konduktivitas optimum sebesar  $3,3174 \times 10^{-6} \text{ Scm}^{-1}$  dan konduktivitas terendahnya ditunjukkan oleh elektrolit padat dengan konsentrasi kobal asetat 0,025 M sebesar  $0,0585 \times 10^{-6} \text{ Scm}^{-1}$ . Pengaruh doping Co yang ditambahkan dalam bentuk kobal asetat terhadap konduktivitas padatan memberikan pola yang linier.

Karakterisasi produk elektrolit padat dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan, ukuran kristal dan memprediksi formula spinel elektrolit padat. Karakterisasi menggunakan SEM-EDS dengan mengambil data konduktivitas tertinggi dan terendah untuk kemudian dibandingkan morfologi permukaan, dan komposisi spinel elektrolit padat.



Doping Kobal 0,0025 M      Doping Kobal 0,4 M

Gambar 2. Morfologi elektrolit padat

Gambar diatas merupakan hasil yang diperoleh pada analisis SEM konsentrasi doping kobal 0,025M dan 0,4M terlihat bahwa morfologi permukaan produk pada konsentrasi doping kobal 0,4M nampak lebih homogen dan rata-rata ukuran bulir kristalnya lebih kecil dibandingkan produk dengan konsentrasi doping kobal 0,025M, hal ini menyebabkan konduktivitas lebih besar

pada konsentrasi 0,4M dibanding pada konsentrasi 0,025M dikarenakan besarnya konsentrasi doping kobal membuat mobilitas ion Na sebagai motor penggerak semakin lebih leluasa bergerak sehingga lebih banyak menghasilkan arus listrik.

#### 4. Kesimpulan

Hasil produk  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$  dengan variasi konsentrasi doping kobal yang terbentuk berupa kristal  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Co}_x\text{O}_4$ . Semakin tinggi konsentrasi doping kobal yang diberikan memberikan hasil yang lebih baik yaitu konduktivitas cenderung semakin meningkat.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Heinz Albert Kiehne, Battery technology handbook, CRC Press, 2003.
- [2] Sulistias Mustika, Abdul Haris, Nor Basid Adiwibawa Prasetya, Kajian Metode Elektrofotokatalisis, Elektrolisis dan Fotokatalisis pada Dekolorisasi Larutan Zat Warna Remazol Black B yang Mengandung Ion Logam  $\text{Cu}^{2+}$ , *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16, 1, (2013) 17-22
- [3] Arthias Cita Febriyani, Rum Hastuti, Abdul Haris, Kajian Metode Elektrofotokatalisis, Elektrolisis dan Fotokatalisis pada Dekolorisasi Larutan Zat Warna Remazol Brilliant Orange 3R yang Mengandung Ion Logam  $\text{Cu}^{2+}$ , *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15, 1, (2012) 7-12
- [4] Linda Suyati, Rahmad Nuryanto, Rahmaniar Anggrayni, Pembuatan dan Karakterisasi Elektrolit Padat  $\text{NaMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4:(\text{I})$ , *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 13, 1, (2010) 1-3
- [5] Amrtha Bhide, K Hariharan, Sodium ion transport in  $\text{NaPO}_3-\text{Na}_2\text{SO}_4$  glasses, *Materials Chemistry and Physics*, 105, 2, (2007) 213-221  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2007.04.044>
- [6] Sung-Tae Lee, Seung-Gyun Kim, Min-Ho Jang, Sul-Hyee Hwang, Jung-Rim Haw, Sung-Ki Lim, The phase relationship of Na-beta-aluminas synthesized by a sol-gel process in the ternary system  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Li}_2\text{O}$ , *Journal of Ceramic Processing Research*, 11, 1, (2010) 86-91
- [7] Anuson Niyompan, Rungnapa Tipakontitkul, Preparation of  $\beta''$ -Alumina Solid Electrolyte for Electric Car Battery, in, Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand, 2009.
- [8] Yong Zhang, Qing-yuan Huo, Yan Lv, Li-zhen Wang, Ai-qin Zhang, Yan-hua Song, Guang-yin Li, Hai-li Gao, Tong-chi Xia, Hui-chao Dong, Effects of nickel-doped lithium vanadium phosphate on the performance of lithium-ion batteries, *Journal of Alloys and Compounds*, 542, (2012) 187-191  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.07.066>
- [9] Dunqiang Wang, Liyun Cao, Jianfeng Huang, Jianpeng Wu, Synthesis and electrochemical properties of  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  via an improved sol-gel process, *Ceramics International*, 38, 4, (2012) 2647-2652  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.11.030>
- [10] K Suryakala, G Paruthimal Kalaignan, T Vasudevan, Synthesis and electrochemical improvement of

nanocrystalline  $\text{LiMn}_{2-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$  powder using sol-gel method, *International Journal of Electrochemical Science*, 1, 7, (2006) 372-378

- [11] Arthur Israel Vogel, G. Svehla, Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis, Longman Scientific & Technical, 1987.