

SENYAWA PEROVSKIT $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$ (LSM) SEBAGAI MATERIAL KATODA PADA SEL BAHAN BAKAR PADATAN OKSIDA(SOFC)

Abraham Mariwy^{1*}, Bambang Prijamboedi², dan Ismunandar² *

¹Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNPATTI Ambon

²KK Kimia Fisik Anorganik Fakultas MIPA ITB Bandung

Diterima 29-02-2012; Terbit 25-03-2012

ABSTRACT

Perovskite oxide compounds structured have important applications, including the solid oxide fuel cells, ferroelectric, superconducting materials, and catalytic oxidation reactions. This is because having the perovskite crystal structure, high stability and can be formed of various cations. To this end, developed oxide-based cathode with perovskite structure with composition ABO_3 . In this study perovskite compounds $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$ (LSM) were synthesized by solid phase reaction method with sintering temperature of 1350°C . The results of X-ray diffraction analysis of LSM powder using Le Bail method showed that LSM is trigonal / rhombohedral structured in $R\bar{3}c$ space group. The results of conductivity measurements with a 4 point method shows that the ionic conductivity of LSM cathode is $2.473 \times 10^{-4} \text{ (S.cm}^{-1}\text{)}$, while the results on the morphology of the LSM with SEM analysis showed that the grain and pore size on the cathode material LSM morphologically eligible to apply as cathode material in solid oxide fuel cell (SOFC).

Keywords: Perovskite, ferroelectric, superconducting, LSM ,conductivity

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi listrik menjadikan tantangan dalam pengembangan sumber energi alternatif dan teknologi pendukungnya. Sebagian besar kebutuhan energi saat ini diperoleh dari sumber energi yang tidak dapat diperbaharui terutama bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Selain keterbatasan cadangan bahan bakar fosil, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas karbondioksida yang menimbulkan efek rumah kaca dan senyawa polutan dari pengotor dalam minyak bumi seperti logam berat, sulfur dan nitrogen (Brown dkk, 2007).

Penggunaan teknologi tepat guna seperti sel bahan bakar untuk pembangkit listrik diharapkan dapat menjawab tantangan tersebut disebabkan efisiensi energinya tinggi, karena berbasis reaksi elektrokimia. Hal terpenting lainnya adalah bahwa sel bahan bakar menjadi

pilihan yang paling menarik dari sudut pandang reduksi emisi CO_2 karena dengan hidrogen sebagai bahan bakar, sel bahan bakar tidak mengemisikan CO_2 (Haile, 2003).

Sebagaimana sel elektrokimia lainnya, sel bahan bakar terdiri dari dua buah elektroda, yaitu anoda dan katoda, serta elektrolit di antara kedua elektroda tersebut. Reaksi yang terjadi pada kedua elektroda inilah yang kemudian menghasilkan energi listrik. Jenis elektrolit yang digunakan pada suatu sel bahan bakar bermacam-macam dan biasanya sel bahan bakar diberi nama sesuai dengan jenis elektrolitnya. Beberapa sel bahan bakar yang dikenal pada saat ini adalah: sel bahan bakar alkali (*Alkaline Fuel Cell, AFC*), sel bahan bakar karbonat cair (*Molten carbonate fuel Cell, MCFC*), sel bahan bakar asam fosfat (*Phosphate Acid Fuel Cell, PAFC*), sel bahan bakar membran penukar proton (*Proton Exchange Membrane, PEMFC*), dan sel bahan bakar

* Korespondensi: abrahammariwy@yahoo.co.id

padatan (*Solid Oxide Fuel Cell, SOFC*) (US DOE, 2004). Pada penelitian ini yang akan menjadi fokus adalah sintesis dan karakterisasi LSM sebagai material katoda untuk diaplikasikan pada sel bahan bakar padatan oksida

Saat ini pembuatan katoda untuk sel bahan bakar padatan (SOFC) umumnya menggunakan senyawa perovskit LaMnO_3 yang disisipi dengan ion logam stronsium (LSM). Penggunaan senyawa ini sangat dimungkinkan karena beberapa faktor, di antaranya adalah: mempunyai konduktivitas listrik dan ion yang optimal, stabil secara kimia, dan aktivitas katalitiknya yang tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Huang dkk, 1996 menunjukkan bahwa LSM dapat menjadi material katoda yang tepat untuk sel bahan bakar berbasis (LSGM). Penelitian lain yang dilakukan oleh Pelosato dkk, 2004 juga menunjukkan bahwa dengan katoda berbasis LSM, maka kinerja dari sel bahan bakar berbasis elektrolit LSGM dapat ditingkatkan.

Pada penelitian ini, komposit material katoda LSM disintesis dengan rute reaksi fasa padat diikuti dengan pengukuran sinar-X untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, analisis SEM untuk menentukan ukuran butiran dan morfologi dari material katoda yang dihasilkan, serta pengukuran konduktivitas dengan metode empat titik (*four point probes method*)

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah: La_2O_3 (Aldrich 99.9%), SrCO_3 (Aldrich 99,9%), dan MnO_2 (Aldrich 999%). Sementara peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Furnace (daerah kerja 25-1500°C), agate mortar, neraca analitis OHAUS (maksimal 210 g, d = 0,1 mg), krus alumina, gelas ukur, batang pengaduk, hot plate, alat tape casting, SEM tipe JEOL JSM 53-60LA, difraktometer sinar-X jenis PAN tipe X^{pert}, serta alat pengukur konduktivitas listrik

Prosedur Sintesis $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$. (LSM) Dengan metode Reaksi Fasa Padat

Sebelum penimbangan, La_2O_3 yang bersifat higroskopis terlebih dahulu dipanaskan pada suhu 100°C selama 12 jam. Setiap pereaksi ditimbang secara stoikiometri dan teliti sesuai dengan perbandingan stoikiometris zat yang akan disintesis. Campuran tersebut kemudian

dimasukkan kedalam agate mortar dan dihaluskan selama 2 jam. Setelah digerus, kemudian dibakar dalam furnace pada suhu 600°C selama 3 jam kalsinasi. Selanjutnya dilakukan Pembuatan pelet dan Proses terakhir adalah sintering pada suhu 1350°C selama 10 jam dan 1350°C selama 12 jam. Setelah itu dilakukan pengukuran X-RD, SEM dan pengukuran konduktivitas dengan metode 4 titik (*four point probes method*).

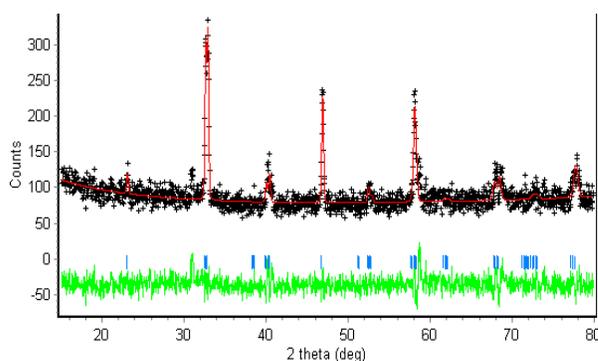
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_3$ (LSM) dilakukan dengan menggunakan metode reaksi fasa padat, dimana setiap pereaksi dicampurkan berdasarkan perbandingan stoikiometris kemudian digerus dalam *mortar agate*. Proses penggerusan dilakukan untuk menghomogenkan pereaksi dan memperkecil ukuran butiran sehingga luas permukaan reaksi menjadi lebih besar. La_2O_3 perlu mendapatkan *pre-treatment* sebelum digunakan sebagai pereaksi, yaitu dengan pemanasan pada suhu 1000 °C. Hal ini bertujuan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terperangkap oleh La_2O_3 karena sifatnya yang higroskopis. Interaksi dengan molekul air di udara memungkinkan adanya pembentukan $\text{La}(\text{OH})_3$ (Gunawan, 2009). Kalsinasi dilakukan pada suhu 650 °C selama 3 jam diikuti sintering pada suhu 1350 °C selama 10 dan 12 jam penahanan. Hasil sintesis yang didapatkan adalah berupa keramik berwarna hitam seperti pada Gambar 1. Karakterisasi yang dilakukan pada hasil sintesis tersebut meliputi pengukuran difraksi sinar X, SEM dan pengukuran konduktivitas dengan arus DC.



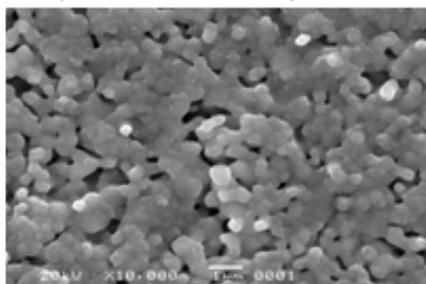
Gambar 1. Material LSM hasil sintering pada suhu 1350°C

Hasil difraksi sinar-X senyawa $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ direfinement dengan merujuk ke senyawa sama yang telah disintesis baik dengan dengan metoda sol gel maupun fasa padat, menunjukkan bahwa senyawa perovskit ganda yang dihasilkan berstruktur Trigonal/Rhombohedral dan grup ruang $R-3c$. (Gambar.2) dengan $R_p = 7.68.42$ dan $R_{wp} = 6.147\%$. Parameter sel yang diperoleh adalah $a = 5,51033(2)\text{\AA}$, $b = 5.51033(3)\text{\AA}$, $c = 13.6136(1)\text{\AA}$ (2° dengan $Z = 6$



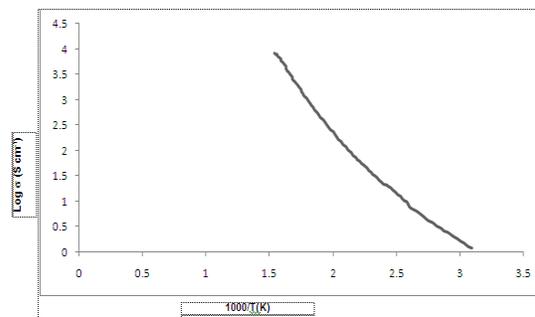
Gambar 2. Hasil difraksi sinar-X dari senyawa LSM yang telah direfenement menggunakan metoda Le Bai

Sementara hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM menunjukkan morfologi permukaan yang didapatkan berupa butiran-butiran yang tidak terlalu besar dengan ukuran yang hampir seragam, dengan luas permukaan pori yang cukup tinggi (Gambar.3). Jika ditinjau dari peranan katoda yang berfungsi untuk melewati oksigen, maka material katoda sebaiknya memiliki tingkat porositas yang tinggi, dan material perovskit LSM hasil sintesis memenuhi syarat secara morfologi untuk itu.



Gambar 3. Gambar SEM dari material perovskit LSM hasil sintesis

Sementara pengukuran konduktivitas listrik pada material katoda dilakukan dengan menggunakan metode 4 titik (*Four point probes method*) (Smith, 1958). Pengukuran dilakukan pada rentang suhu $500-50^\circ\text{C}$. Dari data pengukuran, dilakukan plot antara suhu (K) dengan nilai konduktivitas (σ). Plot konduktivitas listrik pada katoda (LSM) menghasilkan grafik seperti pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik konduktivitas listrik terhadap suhu dari material katoda LSM

Gambar 4 menunjukkan bahwa konduktivitas listrik dari katoda LSM tertinggi berada pada temperatur 773 K (500°C) yaitu 35 S.cm^{-1} , dan cenderung menurun dengan berkurangnya temperatur. Hal ini disebabkan karena pada temperatur tinggi konsentrasi cacat kristal semakin besar dan ion-ion oksida memiliki cukup energi termal untuk berpindah, sedangkan pada temperatur rendah konsentrasi cacat cenderung menurun dan ion-ion oksida tidak memiliki cukup energi termal untuk berpindah. Hasil pengukuran konduktivitas ini cukup baik mengingat pengukuran konduktivitas listrik senyawa LSM yang dilakukan sebelumnya oleh Yao.dkk (Acta Materialia,2009) dengan metode sol-gel pada suhu 850°C adalah 45 S.cm^{-1} .

KESIMPULAN

Sintesis senyawa LSM sebagai material katoda pada sel bahan bakar telah berhasil disintesis dengan metode reaksi fasa padat, dengan konduktivitas ioniknya adalah 35 S.cm^{-1} pada suhu 773 K (500°C). Hasil karakterisasi dengan difraksi sinar-X menunjukkan bahwa senyawa perovskit LSM berstruktur trigonal/rhombohedral dalam grup ruang $R-3c$.

Analisis dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran butiran dan pori pada LSM sebagai material katoda dapat diaplikasikan pada sel bahan bakar padatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, J.E, Hendry, C.N, Harborne.P, (2007), *An emerging market in fuel cells? Residential combined heat and power in four countries*, Energi Policcy 35, 2173-2186.
- Gunawan, (2009), *Fabrikasi sel bahan bakar padatan oksida dengan elektrolit serium oksida yang diberi dopan samarium*, skripsi ITB Bandung
- Haile, S.M. (2003), *Fuel Cell Material and Component*, Acta Materialia 51, 5981-6000
- Pelosato.R, Natalia Sora.I, Verarri.V, Dotelli.G, Mari.C.M, (2004), *Preparation and characterisation of supported $La_{0,83}Sr_{0,17}Ga_{0,83}Mg_{0,17}O_{2,83}$ Thick films for application in IT-SOFCs* Solid State Ionics, 175, 87-92
- Huang.K, Feng.M, Goodenough, J.B, Schmerling.M, (1996), *Characterization of Sr-Doped $LaMnO_3$ and $LaCoO_3$ as cathode materials for a doped $LaGaO_3$ ceramic fuel cel*, J. Electrochem. Soc. 143 (111) 3630.
- Smith, F.M. (1958), *Measurement of sheet resistivities with the four point probes*, Bell Syst. Tech. J, 37, 711-718
- US DOE. (2004), *Fuel Cell Handbook*, EG & G, Technical Service Inc. West Virginia
- Zheng Yao, Zhang Chunming, Ran Ran, Cai Rui, Shao Zongping, Farruseng. D, (2009), *A new symetric soli-oxide fuel cell with $La_{0,8}Sr_{0,2}Sc_{0,2}Mn_{0,8}O_{3-5}$ perovskite oxide as both the anode and cathode*, Acta Materialia 57, 1165-1175