

PROSEDING

SEMINAR NASIONAL BASIC SCIENCE III

Tema:

*Kontribusi Sains untuk Pengembangan Pendidikan,
Biodiversitas dan Mitigasi Bencana pada Daerah Kepulauan*



Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pattimura
Ambon 2010

ISBN : 978-602-97522-0-5

PROSEDING

SEMINAR NASIONAL BASIC SCIENCE II

Kontribusi Sains Untuk Pengembangan Pendidikan,
Biodiversitas dan Mitigasi Bencana
Pada Daerah Kepulauan



SCIENTIFIC COMMITTEE:

Prof. H.J. Sohilait, MS
Prof. Dr. Th. Pentury, M.Si
Dr. J.A. Rupilu, SU
Drs. A. Bandjar, M.Sc
Dr.Ir. Robert Hutagalung, M.Si

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PATTIMURA
AMBON, 2010**

FABRIKASI LSGM SEBAGAI ELEKTROLIT PADA SEL BAHAN BAKAR PADATAN

Abraham Mariwy¹, Bambang Prijamboedi², Ismunandar^{2*}¹Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNPATTI Ambon²KK Kimia Fisik Anorganik Fakultas MIPA ITB Bandung

*ismu@chem.itb.ac.id

ABSTRAK

Material elektrolit pada sel bahan bakar padatan oksida harus memiliki konduktivitas ionik yang tinggi, stabil secara kimia terhadap kontak dengan dua elektroda, dan tahan terhadap siklus termal. Sejak diketahui mempunyai konduktivitas ion oksigen yang tinggi, lantanum galat (LaGaO_3) terus dikembangkan sebagai alternatif pengganti zirkonia untuk elektrolit pada sel bahan bakar padatan (*solid oxide fuel cell*, SOFC). Pemberian dopan logam Sr dan Mg untuk membentuk senyawa $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{2,8}$ (LSGM 8282), menghasilkan konduktivitas yang tinggi dibandingkan dengan LaGaO_3 tanpa dopan. Dalam penelitian ini senyawa perovskit $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM) disintesis dengan metode sol-gel. Hasil difraksi sinar-X dengan metode Le Bail menunjukkan bahwa senyawa ini berstruktur kubus dengan grup ruang $Pm-3m$. Analisis SEM pada morfologi LSGM menunjukkan bahwa ukuran porositas masih sangat besar, Sedangkan hasil pengukuran impedansi dari elektrolit LSGM menunjukkan hambatan listrik total sebesar $7,10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ pada suhu 300°C

Kata Kunci: Fabrikasi, LSGM, Elektrolit, Sel bahan bakar padatan.

PENDAHULUAN

Elektrolit merupakan bahan yang digunakan pada sel elektrokimia sebagai penghantar ion-ion dari satu elektroda ke elektroda yang lain, sehingga dapat terjadi reaksi redoks. Pada umumnya elektrolit tersebut berupa zat cair, tetapi seiring kemajuan teknologi, elektrolit padat sudah mulai banyak dipergunakan. Sel bahan bakar yang menggunakan elektrolit padat dikenal dengan sel bahan bakar padatan (Rusmiati, 2007). Saat ini pembuatan material elektrolit untuk sel bahan bakar padatan (SOFC) umumnya menggunakan senyawa perovskit LaGaO_3 karena senyawa ini mempunyai konduktivitas ion yang baik pada suhu tinggi dan strukturnya cenderung stabil pada pemakaian yang lama (Fuel Cell Handbook, 2004). Untuk meningkatkan konduktivitas ioniknya maka senyawa perovskit LaGaO_3 tersebut kemudian disisipi dengan logam Sr dan Mg untuk membentuk senyawa LSGM (Ishihara, 1994). Selain meningkatnya konduktivitas ionik, Penggunaan senyawa ini sangat dimungkinkan karena beberapa faktor, diantaranya adalah: mempunyai kekuatan dan kestabilan mekanik yang baik, serta sesuai secara

2 Juli 2010

struktur kimia dan perubahan suhu dengan elektroda yang dipergunakan. Pada penelitian ini material elektrolit LSGM disintesis dengan metode sol-gel diikuti dengan pengukuran difraksi sinar-X untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, analisis SEM untuk menentukan ukuran butiran dan morfologi dari material elektrolit yang dihasilkan, serta pengukuran impedansi untuk mengetahui besarnya hambatan listrik.

METODOLOGI

Sintesis $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM). Dengan metode sol-gel

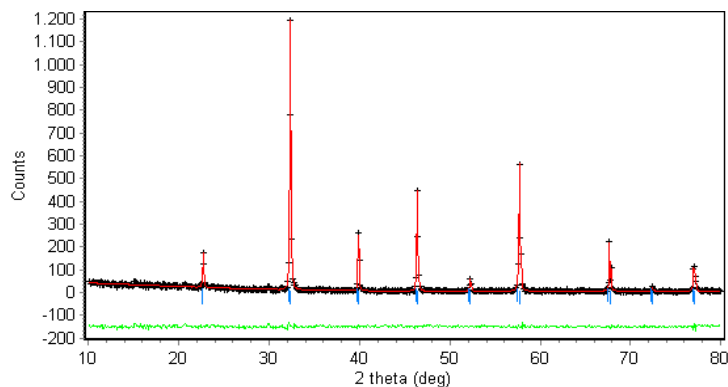
Bahan-bahan yang digunakan adalah $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich 99.9%), SrCO_3 (Aldrich 99,9%), MgO (Aldrich 999%), Ga_2O_3 (Aldrich 99.9%), asam sitrat, dan EDTA. Sebelum penimbangan, MgO dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 1000°C selama 6 jam untuk menghilangkan pengotor (karbonat dan hidroksida). Setiap pereaksi ditimbang secara stoikiometri dan teliti sesuai dengan perbandingan stoikiometris zat yang akan disintesis. Serbuk Ga_2O_3 , dan MgO dilarutkan dalam HNO_3 dengan $\text{pH} \pm 1, 5$. Sedangkan $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, SrCO_3 , asam sitrat dan EDTA dilarutkan dalam aqua bides. Semua larutan dimasukkan dalam gelas kimia kemudian dilakukan penguapan pada suhu 120°C sambil distirer sampai terbentuk padatan. Padatan tersebut kemudian dipanaskan dalam oven selama 12 jam pada suhu 150°C . Tahap selanjutnya adalah pemanasan bertingkat masing-masing pada temperatur 400°C , untuk mendekomposisi fasa karbonat, temperatur $700-900^\circ\text{C}$ sebagai tahap kalsinasi, dan temperatur $1000-1400^\circ\text{C}$ sebagai tahap sintering. Tahap selanjutnya adalah tahap karakterisasi yang meliputi pengukuran difraksi sinar- X, pengukuran SEM dan impedansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis senyawa $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ dilakukan dengan metode sol-gel yang bertujuan untuk mengatasi hambatan yang terjadi pada reaksi kimia padat yang biasanya dibatasi oleh difusi (Ismunandar, 2006). Selain itu, keuntungan lain yang ditawarkan oleh metode ini adalah luas permukaan yang besar dengan ukuran butiran yang kecil. Tahap yang sangat menentukan dari metode ini adalah terbentuknya gel. Proses pembentukan gel sangat penting karena dengan gel dapat dihasilkan berbagai produk yang kita inginkan, apakah film tipis, material keramik dan sebagainya. Setelah terbentuk gel, maka tahap selanjutnya adalah tahap pemanasan bertingkat yang dimulai dari suhu 400°C selama 6 jam untuk dekomposisi senyawa

2 Juli 2010

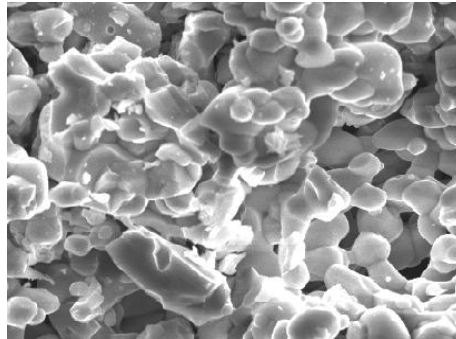
pengompleks, dan selanjutnya adalah tahap kalsinasi pada rentang suhu 700-900°C, masing-masing selama 1 jam penahanan. Tahap terakhir adalah pembuatan pelet dan sintering yang dilakukan pada rentang suhu 1000-1400°C dengan waktu penahanan masing-masing selama 6 jam. Hasil difraksi sinar-X dari senyawa LSGM *direfinement* dengan metoda Le Bail menggunakan program Rietica menunjukkan bahwa senyawa perovskit LSGM memiliki struktur kubus dengan grup ruang $Pm-3m$, $Z = 2$. Parameter kisi yakni $a = b = c = 3,9121\text{\AA}$, Dengan nilai $R_p = 10,043\%$ dan nilai $R_{wp} = 9,0376\%$. Hasil ini menunjukkan adanya pengotor $\text{LaSrGa}_3\text{O}_7$ pada daerah 2θ 29.945°. Namun jika diperhatikan dari puncak-puncak yang dihasilkan dari histogram di atas sudah ada kesesuaian antara data hasil percobaan dengan data hasil perhitungan. Data hasil difraksi sinar-X yang telah *direfinement* dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar. 1 Hasil difraksi sinar-X dari LSGM yang telah *direfenement* menggunakan metoda Le Bail dengan program Reitica.

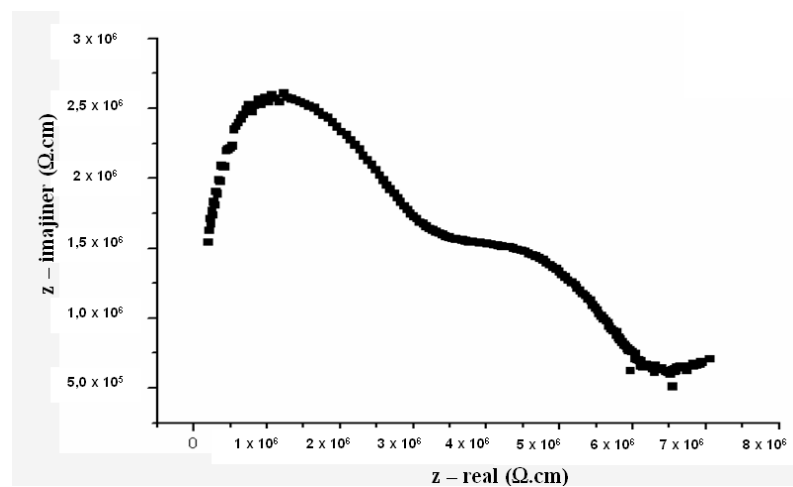
Sedangkan hasil pengukuran SEM dari senyawa $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM) yang disintesis dengan metode reaksi sol-gel dapat dilihat pada Gambar. 2 yang memperlihatkan morfologi permukaan senyawa $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM) dengan butiran yang hampir seragam. Gambar SEM seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 juga menunjukkan tingkat dan ukuran porositas yang masih besar, padahal syarat suatu material elektrolit yang baik adalah padat dan tidak mudah bocor. Kondisi ini mungkin disebabkan oleh kurangnya waktu penahanan selama pemanasan yang hanya berkisar 6 jam sehingga mengurangi densitas yang pada akhirnya berakibat pada kurang tereliminasiya pori-pori di dalam material elektrolit tersebut.

2 Juli 2010



Gambar. 2 Morfologi permukaan senyawa $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{Mg}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$ dengan metode sol-gel

Sementara spektrum impedansi yang diperoleh pada suhu 300°C dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

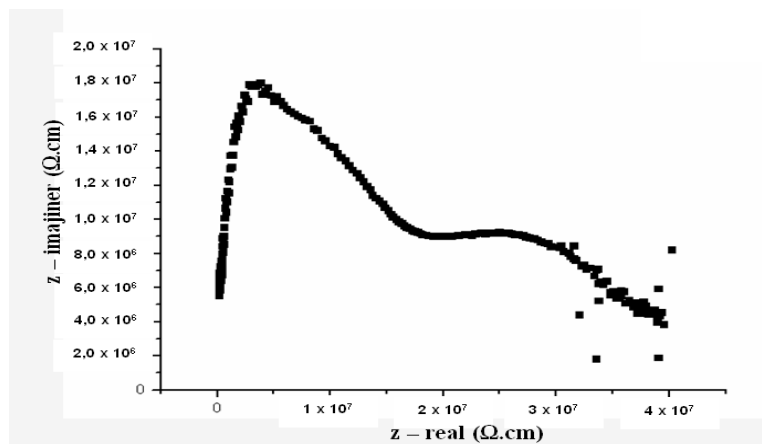


Gambar. 3 Spektrum impedansi LSGM pada suhu 300°C . Hasil ini memperlihatkan dua kurva yang menunjukkan kontribusi hambatan listrik dari bagian terbesar (*bulk*) dan batas antar butiran (*grain boundary*).

Pengukuran impedansi dimaksudkan untuk mengukur hambatan listrik yang dimiliki oleh suatu komponen pada arus bolak-balik (AC). Dalam hal ini arus listrik dalam konduktor ion terjadi karena pergerakan ion-ion melalui kisi kristal. Ion-ion ini bergerak dari satu posisi pada kisi kristal ke posisi lainnya. Pada penelitian ini pengukuran impedansi sampel LSGM sebagai material elektrolit dilakukan pada rentang suhu $500-100^\circ\text{C}$ dan diukur pada udara terbuka dengan frekuensi 20 Hz - 20 MHz. Melalui pengukuran tersebut akan diperoleh plot Z_{im} (impedansi imajiner) terhadap Z_{real} (impedansi *real*). Spektrum impedansi LSGM seperti ditunjukkan pada gambar di atas memperlihatkan dua kurva. Kurva yang pertama

2 Juli 2010

menggambarkan kontribusi hambatan listrik dari bagian terbesar (*bulk*) yang ditandai dengan nilai frekuensi yang tinggi, dan kurva kedua menggambarkan kontribusi hambatan listrik dari bagian antar butiran (*grain boundary*) dengan nilai frekuensi yang rendah. Pada penelitian ini hambatan listrik yang diukur pada suhu 300°C memberikan hambatan listrik pada daerah bulk (R_1) adalah $3,45 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ sedangkan hambatan listrik pada daerah antar butiran (R_2) adalah $3,65 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$, dengan hambatan listrik total ($R_1 + R_2$) adalah $7,10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ dan konduktivitas ionik sebesar $1,08 \times 10^{-6} \text{ S.cm}^{-1}$. Seperti diketahui bahwa hambatan listrik pada suatu material terbagi atas tiga bagian yaitu: hambatan listrik pada frekuensi tinggi yang menggambarkan hambatan pada bagian terbesar (*bulk*), hambatan listrik pada frekuensi sedang menggambarkan efek batas butir (*grain boundary*), dan hambatan listrik pada frekuensi rendah yang merupakan respon elektroda (Pelosato dkk, 2004). Besarnya hambatan listrik pada frekuensi rendah biasanya disebabkan oleh konduktivitas ionik yang semakin menurun seiring dengan turunnya temperatur. Sementara spektrum impedansi yang diperoleh pada suhu 250°C dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini



Gambar .4 Spektrum impedansi LSGM pada suhu 250°C.

Spektrum impedansi yang diukur pada suhu 250° C juga menunjukkan gejala serupa, yaitu terbentuk dua kurva yang menggambarkan kontribusi hambatan listrik dari bagian terbesar (*bulk*) yang ditandai dengan nilai frekuensi yang tinggi dan dan kurva kedua menggambarkan kontribusi hambatan listrik dari bagian antar butiran (*grain boundary*) dengan nilai frekuensi yang rendah. Pada penelitian ini hambatan listrik yang diukur pada suhu 250°C memberikan hambatan pada daerah bulk (R_1) adalah $22,55 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ sedangkan hambatan listrik pada daerah

2 Juli 2010

antar butiran (R_2) adalah $19,75 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$, dengan hambatan listrik total ($R_1 + R_2$) adalah $42,31 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$ dan konduktivitas ionik sebesar $1,99 \times 10^{-7} \text{ S.cm}^{-1}$. Spektrum impedansi ini menunjukkan bahwa semakin turunnya temperatur, semakin kecil konduktivitas ionik dengan hambatan listrik yang semakin besar.

KESIMPULAN

Senyawa LSGM sebagai material elektrolit pada sel bahan bakar padatan telah berhasil disintesis dengan metode sol-gel. Hasil karakterisasi difraksi sinar-X dengan metode Le Bail menunjukkan bahwa LSGM berstruktur kubus dengan grup ruang $Pm-3m$, $Z = 2$. Parameter kisi yakni $a = b = c = 3,9121 \text{ \AA}$, Dengan nilai $R_p = 10,043 \%$ dan nilai $R_{wp} = 9,0376 \%$. Analisis dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel cenderung seragam dengan luas permukaan pori yang masih besar. Sedangkan hasil pengukuran impedansi dari elektrolit LSGM menunjukkan hambatan listrik total sebesar $7,10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ pada suhu 300°C

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi atas bantuan dana yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan, Serta pengelola laboratorium *Solid State & Catalyst* ITB, PPGL, LIPI, BATAN, dan Teknik Material ITB atas ijin pemanfaatan fasilitas laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Ishihara, T. (1994), *Oxygen Surface Exchange and Diffusion in The New Perovskite Oxide Ion Conductor LaGaO₃*, J. American Chem. Soc., 119, 2747-2748
- Ismunandar, (2006), *Padatan Oksida Logam Struktur, Sintesis dan Sifat-sifatnya*, Penerbit ITB Bandung
- 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
- Rusmiati (2007), *Sintesis dan penentuan sifat dari La_{0,8}Sr_{0,2}Ga_{0,8}Mg_{0,2}O_{3-δ} (LSGM) yang disisipi logam Fe sebagai elektrolit padat pada sel bahan bakar padatan*. Tesis Magister ITB Bandung
- US DOE. (2004), *Fuel Cell Handbook*, EG & G, Technical Service Inc. West Virginia