

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan seiring bertambahnya populasi manusia. Di Indonesia, data dari Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2012 menunjukkan bahwa rasio elektrifikasi (rasio kebutuhan listrik dibanding pemenuhan) di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2012 mengalami peningkatan dari 8% menjadi 75,8% (DJK KESDM, 2012). Untuk itu diperlukan penambahan energi listrik guna mengimbangi kebutuhan tersebut.

Selama ini terdapat beberapa pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar seperti nuklir, fosil, batu-bara dan lain-lain. Akan tetapi, bahan bakar tersebut bersifat irreversibel dan suatu saat akan habis. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan alternatif penambahan sumber energi. Salah satu alternatif itu adalah pemanfaatan *solid-oxide fuel cells* (SOFC) sebagai penghasil energi untuk melengkapi pembangkitan energi oleh pembangkit energi listrik yang telah ada.

SOFC adalah suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. SOFC sangat cocok sebagai pembangkit listrik. Selain ramah lingkungan, SOFC memiliki beberapa keunggulan dibanding sistem konvensional seperti emisi gas CO₂, CO, NO_x, SO₂ yang rendah dan memiliki efisiensi yang tinggi (Stambouli dan Traversa, 2002; Syarif *et al*, 2013; Taroco *et al*, 2011; Wang, 2010; Zhuo *et al*, 2012). SOFC konvensional dioperasikan pada suhu tinggi yaitu 800-1000 °C (Syarif *et al*, 2013; Wang, 2010). Pengoperasian pada suhu tinggi menyebabkan SOFC mudah rusak dan membutuhkan material dengan harga yang tinggi (Wang, 2010). Pengoperasian SOFC pada suhu lebih rendah dan memiliki efisiensi yang tinggi akan berpengaruh pada biaya produksi energi listrik yang lebih rendah atau ekonomis.

SOFC terdiri dari tiga komponen yaitu anode, katode dan elektrolit padat (Wang, 2010). Anode berperan sebagai kutub negatif yang menguraikan gas

Padilah Muslim, 2014

PENGARUH PENAMBAHAN La₂O₃ TERHADAP KONDUKTIVITAS IONIK KERAMIK CSZ SEBAGAI ELEKTROLIT PADAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

hidrogen ke seluruh permukaan dan menghantarkan elektron yang dibebaskan dari molekul gas hidrogen sebagai energi listrik pada rangkaian eksternal (Stambouli dan Traversa, 2002). Katode berperan sebagai kutub positif yang mendistribusikan gas oksigen yang masuk dari udara ke seluruh permukaan dan menghantarkan elektron dari rangkaian eksternal. Elektron ini akan bereaksi dengan molekul gas oksigen menghasilkan ion oksigen (Stambouli dan Traversa, 2002). Elektrolit padat berperan mengalirkan ion dari katoda menuju anoda dan menjaga keseimbangan muatan listrik secara keseluruhan (Wang, 2010). Elektrolit padat juga mencegah adanya kontak ohmik antara anoda dengan katoda karena dapat menahan gerakan elektron (Stambouli dan Traversa, 2002).

Elektrolit padat merupakan salah satu komponen utama pada SOFC yang mempengaruhi suhu operasinya (Stambouli dan Traversa, 2002). Salah satu cara untuk menurunkan suhu operasi SOFC yaitu dengan meningkatkan konduktivitas ionik elektrolit padat (Syarif *et al*, 2010). Peningkatan konduktivitas ionik elektrolit dapat dilakukan dengan cara penambahan aditif (Syarif *et al*, 2013). Agar dapat digunakan pada SOFC, elektrolit tersebut harus memiliki konduktivitas ionik melebihi 10^{-2} S/cm pada suhu rendah yaitu ~ 500 °C (Rosseinsky *et al*, 2008).

Meterial yang berperan sebagai elektrolit padat di antaranya *yttria-stabilized zirconia* (YSZ) dan *calcia-stabilized zirconia* (CSZ) (Marques dan Figueiredo, 2013; Syarif *et al*, 2013; Dudek *et al*, 2006). Sebagai elektrolit pada SOFC, YSZ telah diteliti pada penelitian sebelumnya dan hasilnya menunjukkan bahwa YSZ memiliki konduktivitas ionik cukup besar yaitu 10^{-1} S/cm pada suhu 1000 °C (Marques dan Figueiredo, 2013) dan $3 \cdot 10^{-4}$ S/cm pada suhu 500 °C (Syarif, 2013). Akan tetapi, YSZ memiliki kekurangan yaitu pada harga produksi yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian lain perlu dilakukan untuk menemukan elektrolit padat yang memiliki nilai ekonomis lebih tinggi dan memiliki sifat listrik yang baik.

Salah satu penelitian lain untuk menemukan elektrolit padat dengan konduktivitas ionik yang baik yaitu penelitian tentang konduktivitas ionik CSZ. CSZ merupakan *zirconia* yang distabilkan *calcia* (CaO). Di Indonesia, secara

ekonomis CSZ memiliki harga produksi yang lebih rendah bila dibandingkan dengan YSZ karena ketersediaan bahan baku (pasir zirkon lokal dan *calcium carbonat*) yang melimpah (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1999; Poernomo, 2012). CSZ adalah salah satu keramik yang memiliki konduktivitas ionik yang cukup besar. Konduktivitas ionik CSZ telah diteliti sebelumnya dan memiliki konduktivitas ionik $5,2 \cdot 10^{-2}$ S/cm pada suhu 1000 °C (Dudek *et al*, 2006).

Konduktivitas ionik CSZ dapat ditingkatkan dengan penambahan aditif. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan *erbia* (Er_2O_3) dan *ceria* (CeO_2) dapat meningkatkan konduktivitas ionik CSZ (Uslu *et al*, 2013). Akan tetapi, kedua material tersebut terutama Er_2O_3 memiliki kelimpahan yang sedikit dan berbiaya tinggi (Barbalace, 2013). Maka, penelitian lain dilakukan guna menemukan aditif yang dapat meningkatkan konduktivitas ionik CSZ selain Er_2O_3 dan CeO_2 . Salah satu upaya tersebut adalah dengan penambahan *lanthanum oxide* (La_2O_3). La_2O_3 merupakan senyawa oksida dari unsur tanah jarang (Soe *et al*, 2008). Secara teori, La_2O_3 dapat menciptakan kekosongan-kekosongan pada kisi oksigen di dalam kristal CSZ. Dengan adanya kekosongan-kekosongan tersebut menyebabkan ion oksigen bergerak mengisi kisi-kisi yang kosong sehingga La_2O_3 dapat meningkatkan konduktivitas ionik CSZ.

Penelitian tentang La_2O_3 sebagai aditif telah dilakukan sebelumnya dan hasilnya menunjukkan bahwa La_2O_3 dapat meningkatkan konduktivitas ionik pada keramik 8YSZ (Syarif *et al*, 2013). Berdasarkan penelitian tersebut, penambahan 1% dan 3% La_2O_3 diharapkan dapat meningkatkan konduktivitas ionik CSZ tanpa menurunkan sifat fisis lainnya. Dengan konduktivitas ionik yang tinggi pada suhu rendah (<500 °C) atau intermediet ($500-800$ °C), CSZ memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai elektrolit padat pada SOFC.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan La_2O_3 terhadap struktur kristal, mikro, rapat massa dan konduktivitas ionik elektrolit padat CSZ?

C. Batasan Masalah

Pengaruh penambahan La_2O_3 terhadap konduktivitas ionik elektrolit padat CSZ dipelajari dengan cara memvariasikan komposisi berat La_2O_3 yang ditambahkan ke dalam CSZ yaitu 1% dan 3% dengan suhu penyinteran $1450\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam. Besaran fisis yang diuji untuk memperoleh konduktivitas ionik CSZ adalah resistansi, sudut θ , luas permukaan dan ketebalan. Pengujian konduktivitas ionik dilakukan pada rentang suhu $300 - 700\text{ }^\circ\text{C}$. Sebagai salah satu kriteria elektrolit padat yang baik pada aplikasi SOFC yaitu memiliki nilai konduktivitas ionik yang tinggi pada suhu rendah ($<500\text{ }^\circ\text{C}$) atau intermediet ($500 - 700\text{ }^\circ\text{C}$). Selain itu, pengujian dilakukan terhadap sifat lain yang memungkinkan berhubungan dengan konduktivitas ionik yaitu analisis struktur kristal, struktur mikro dan rapat massa.

Analisis struktur kristal dilakukan untuk mengetahui keterkaitannya terhadap perubahan konduktivitas ionik. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui struktur kristal CSZ. Apabila terdapat struktur kristal lain setelah penambahan La_2O_3 maka struktur kristal tersebut turut mempengaruhi perubahan konduktivitas ionik CSZ dan apabila sebaliknya maka struktur kristal ini tidak mempengaruhi perubahan konduktivitas ionik CSZ.

Analisis struktur mikro dilakukan untuk mengetahui keterkaitannya terhadap perubahan konduktivitas ionik. Analisis struktur mikro diperlukan untuk mengetahui adanya pertumbuhan butir dan porositas yang terbentuk setelah penambahan La_2O_3 pada elektrolit padat CSZ. Apabila terdapat pertumbuhan butir dan pengurangan porositas maka hal ini yang menyebabkan peningkatan konduktivitas ionik dan apabila sebaliknya hal ini pula yang menyebabkan penurunan konduktivitas ionik.

Analisis rapat massa dilakukan untuk mengetahui keterkaitannya terhadap perubahan konduktivitas ionik. Rapat massa berpengaruh terhadap konduktivitas ionik karena dengan kerapatan yang tinggi menyebabkan semakin banyak ion yang bergerak di dalam elektrolit padat tersebut sehingga konduktivitas ioniknya besar. Berbeda jika kerapatannya rendah dengan terbentuknya lebih banyak pori

menyebabkan ion yang bergerak di dalam elektrolit menjadi sedikit sehingga konduktivitas ioniknya pun akan rendah.

Dari perubahan konduktivitas ionik terhadap suhu dapat diperoleh energi aktivasi yang menunjukkan karakteristik listrik lain. Energi aktivasi ini berkaitan dengan suhu. Energi aktivasi diperlukan untuk mengetahui seberapa besar energi yang diperlukan agar ion-ion dapat bergerak ke daerah kosong dalam cacat kristal.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan La_2O_3 terhadap struktur kristal, mikro, rapat massa dan konduktivitas ionik elektrolit padat CSZ.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat dijadikan wadah untuk mengaplikasikan mengenai teori-teori yang diperoleh selama kegiatan belajar di dalam maupun di luar kelas. Selain itu, dengan penelitian ini dapat menumbuhkan minat untuk melakukan penelitian lainnya baik pada topik sama atau yang berbeda.
2. Bagi ilmuwan, penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sama meliputi alat, bahan, metode serta hasil yang diperoleh. Dengan demikian diharapkan muncul penelitian serupa dengan material yang berbeda guna memperoleh hasil yang lebih baik.
3. Bagi dosen, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ketika hendak melakukan penelitian pada topik yang serupa. Penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi bahan ajar bagi mahasiswanya.
4. Bagi pembaca, penelitian ini dapat menjadi pengetahuan baru seputar pemanfaatan pengolahan material keramik selain sebagai kerajinan tangan, material bangunan, dsb.

F. Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur organisasi skripsi.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini. Kajian pustaka ini meliputi *solid oxide fuel cells*, elektrolit padat, konduktivitas ionik, *calcia-stabilized zirconia*, pengaruh penambahan *lanthanum oxide* terhadap konduktivitas ionik elektrolit padat, keramik, *zirconia* dan *calcia*.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode dan desain penelitian yang akan dilakukan guna memperoleh data untuk selanjutnya akan diolah. Terdiri dari langkah pembuatan serbuk CSZ, pembuatan pelet CSZ-La₂O₃, penentuan rapat massa, karakterisasi (analisis struktur kristal dan mikro) dan pengambilan data listrik guna memperoleh konduktivitas ioniknya. Selain itu, dalam bab ini disertai lokasi dan waktu dalam melaksanakan penelitian.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan tentang hasil penelitian berupa data struktur kristal, struktur mikro, rapat massa, dan sifat listrik serta pembahasan meliputi analisis terhadap data-data tersebut.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menyajikan tentang kesimpulan terkait hasil penelitian ini dan saran.