

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan energi bersih dan ramah lingkungan telah menjadi topik utama penelitian beberapa tahun terakhir dan masih terus dikembangkan, khususnya pada konversi energi. Konversi energi merupakan proses perubahan bentuk suatu energi menjadi bentuk energi yang lain. *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) memiliki potensi besar untuk menjadi teknologi yang bersih, efisien, dan fleksibel dalam mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik. Hal tersebut didukung karena SOFC memiliki efisiensi konversi energi yang cukup tinggi hingga mencapai 65% (Rahajo, 2007). Selain itu, SOFC juga memiliki fleksibilitas dalam penggunaan bahan bakar, sistem desain yang sederhana, dan emisi polusi yang rendah. Namun, temperatur operasi SOFC yang tinggi menjadi kendala yang menghambat pemakaian untuk aplikasi secara komersial.

*Yttria Stabilized Zirconia* (YSZ) adalah material yang umum digunakan sebagai elektrolit SOFC. Akan tetapi, konduktivitas yang cukup tinggi agar dapat dipakai dalam sel bahan bakar baru dicapai pada rentang temperatur operasi 700-1000 °C, sehingga masih kurang praktis jika diaplikasikan pada alat elektronik yang umumnya beroperasi pada temperatur rendah (Abdullah, 2009). Salah satu cara yang dilakukan dalam pengembangan SOFC adalah menurunkan temperatur operasi pada daerah menengah antara 400-700 °C. Dua pendekatan yang umumnya digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan mereduksi ketebalan elektrolit atau menggunakan material elektrolit alternatif dari hasil penambahan beberapa paduan namun tetap menghasilkan konduktivitas ionik yang tinggi pada temperatur menengah. Hal tersebut juga dapat mengurangi penggunaan energi dan biaya.

Lapisan tipis elektrolit berbasis Ceria ( $\text{CeO}_2$ ) yang *didoping* unsur tanah jarang sangat potensial karena menghasilkan konduktivitas ionik yang lebih tinggi dibanding YSZ (Abdullah, 2009). Maric dkk (2003) menyatakan bahwa elektrolit YSZ konvensional tidak dapat memenuhi harapan untuk mencapai konduktivitas tinggi pada suhu rendah meskipun dibuat dalam bentuk film tipis. Ceria yang

*didoping* dengan  $\text{La}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  merupakan contoh material populer yang dikaji karena memiliki konduktivitas yang tinggi di temperatur menengah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa  $\text{La}_2\text{O}_3$  dapat meningkatkan konduktivitas ionik pada keramik 8YSZ (Syarif dkk, 2013). Jari-jari ion  $\text{Gd}^{3+}$  dan  $\text{La}^{3+}$  hampir sama dengan jari-jari ion  $\text{Ce}^{4+}$  sehingga dapat masuk dan bergabung pada kisi Ceria. Akibatnya, konsentrasi vakansi ion oksigen lebih banyak terbentuk dengan mereduksi  $\text{Ce}^{4+}$  menjadi  $\text{Gd}^{3+}$  dan  $\text{La}^{3+}$ , serta dapat menghasilkan distorsi pada kisi yang relatif lebih kecil sehingga mencegah ketidakstabilan fasa. Adanya kekosongan ion oksigen meningkatkan transfer ion dan efisiensi proses oksidasi. Substitusi Ce dengan Gd sebanyak 10-20 % dapat menciptakan material elektrolit padat yang memiliki konduktivitas ionik yang tinggi, yaitu sebesar  $2,29\text{E-}02$  S/cm pada GDC-10 dan  $3,25\text{E-}02$  S/cm pada GDC-20 di  $800^\circ\text{C}$  dengan temperatur sintering ( $T_s$ )  $1400^\circ\text{C}$  (Oksuzomer, 2013).

Penelitian Arabaci (2012) terkait Ceria yang *didoping* 10% mol  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  dan Jaiswal dkk (2013) terkait Ceria yang *didoping* 15% mol  $\text{La}_2\text{O}_3$  menghasilkan energi aktivasi sebesar 0.89 eV pada temperatur operasi ( $T_o$ )  $500^\circ\text{C}$  dengan nilai konduktivitas ionik masing-masing sebesar  $3,4\text{E-}02$  S/cm dan  $2,02\text{E-}04$  S/cm. Energi aktivasi merupakan energi yang harus dilewati agar reaksi kimia dapat terjadi. Energi aktivasi yang rendah menyebabkan ion lebih mudah berpindah dalam material tersebut yang pada akhirnya melahirkan nilai konduktivitas ionik yang tinggi.

Dalam penelitian ini, akan membahas mengenai karakteristik dan mekanisme sintering yang berkaitan dengan penyusutan linier, densifikasi, perubahan sifat mekanik yang berhubungan dengan ukuran butiran, fasa, dan struktur kristal yang terbentuk dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD), serta menentukan nilai konduktivitas ionik menggunakan LCR Meter beserta pengaruhnya terhadap energi aktivasi pada elektrolit padat La-Gd *doped*  $\text{CeO}_2$  (LGDC) dengan variasi persen mol dopan  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , temperatur sintering ( $T_s$ ), dan waktu sintering.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

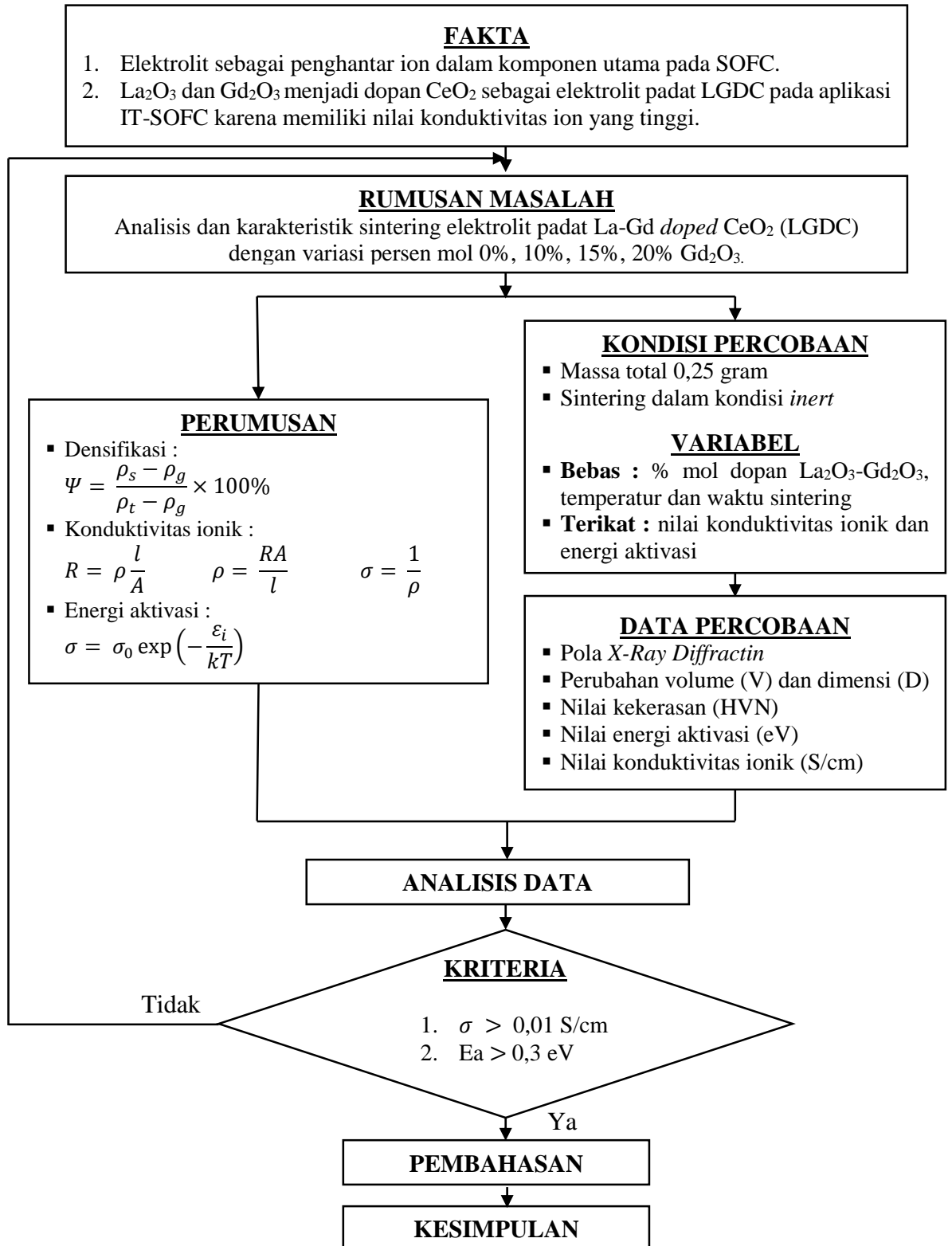
1. Mempelajari sifat dan karakteristik material elektrolit padat La-Gd *doped* CeO<sub>2</sub> (LGDC) untuk aplikasi SOFC pada temperatur intermediet.
2. Menganalisis pengaruh variasi persen mol dopan, temperatur sintering, dan waktu sintering terhadap mekanisme perpindahan massa dan penyusutan linier, serta senyawa yang terbentuk dari hasil sintering.
3. Menganalisis pengaruh densifikasi terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan dari variasi persen rasio mol dopan, temperatur sintering, dan waktu sintering.
4. Menentukan variasi persen rasio mol dopan, temperatur sintering, dan waktu sintering yang optimum untuk menghasilkan nilai konduktivitas ionik yang maksimum.
5. Menentukan energi aktivasi dan pengaruhnya terhadap nilai konduktivitas ionik dari hasil sintering material elektrolit.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah menganalisis karakteristik elektrolit padat LGDC dengan variasi persen rasio mol dopan yaitu 0%, 10%, 15%, dan 20%, temperatur sintering 1200 °C, 1300 °C, dan 1400 °C, serta waktu sintering 3, 4, dan 5 jam, terkait penyusutan linier serta hasil densifikasinya, sifat mekanik yang berhubungan dengan ukuran butiran, fasa, dan struktur kristal yang terbentuk. Selain itu, penelitian ini juga dibatasi pada pengaruh variasi di atas terhadap energi aktivasi yang terkait dengan konduktivitas ionik elektrolit padat LGDC.

## 1.4 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 1.1 sebagai berikut :



Gambar 1.1 Metodologi Penelitian

## 1.5 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, laporan tugas akhir ini terdiri atas lima bab sebagai berikut :

### 1. Bab I Pendahuluan

Bab yang memuat penjabaran terkait latar belakang, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian tugas akhir.

### 2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab yang berisi tentang teori dasar penelitian tugas akhir meliputi pengetahuan seputar SOFC, material elektrolit SOFC, karakteristik Ceria, Lanthania dan Gadolinia, proses sintering, penyusutan linier, pengaruh *defect* dan energi aktivasi terhadap konduktivitas ionik.

### 3. Bab III Prosedur dan Hasil Percobaan

Bab yang memuat penjabaran terkait alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur yang dilakukan, tahapan sintering, dan data hasil percobaan.

### 4. Bab IV Pembahasan

Bab yang memuat pembahasan hasil penelitian yang dilakukan dengan cara menganalisis hasil penelitian serta kesesuaiannya dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Pembahasan meliputi pengaruh variasi penambahan persen mol  $Gd_2O_3$ , temperatur, dan waktu sintering terhadap penyusutan linier, densifikasi, kekerasan, morfologi kristal, konduktivitas ionik, dan energi aktivasi.

### 5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab yang memuat kesimpulan akhir penelitian dan saran-saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.

Kelima bab tersebut dilengkapi dengan Daftar Pustaka dan Lampiran.