

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang industri telah mendorong peningkatan kebutuhan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas alam, dan batubara. Faktanya, pembakaran bahan bakar fosil tersebut menghasilkan gas karbondioksida dalam jumlah besar dan menjadi salah satu penyebab utama efek rumah kaca (*green house effect*). Disisi lain isu-isu mengenai *global warming*, pencemaran lingkungan, perubahan iklim, dan krisis energi menjadi salah satu permasalahan jangka panjang yang harus segera dipikirkan jalan keluarnya. Energi alternatif memegang peranan penting dalam upaya mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama. Energi kimia sebagai salah satu sumber energi alternatif telah menjadi fokus utama dalam beberapa tahun belakangan ini karena memiliki efisiensi tinggi, bersih, dan ramah terhadap lingkungan (Arabaci, 2012).

Sebagai upaya untuk mendukung penggunaan energi kimia tersebut, diperlukan suatu divais yang mampu mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik. Salah satu divais yang dapat mengkonversi energi kimia tersebut adalah *Solid Oxide Fuel Cells* (SOFC). Komponen utama yang terdapat pada satu unit SOFC antara lain: material elektrolit padat, katoda, dan anoda. Pada umumnya *Cerium Oxide* ( $\text{CeO}_2$ ) dipilih sebagai *base* material elektrolit karena memiliki konduktivitas ionik yang lebih tinggi dibanding YSZ (*Yttria-Stabilized Zirconia*) yang lebih dulu dikembangkan (Zhou, 2011).

*Cerium Oxide* merupakan salah satu senyawa yang saat ini banyak diminati dalam bidang riset dan teknologi dikarenakan memiliki potensi yang cukup besar dalam aplikasi pembuatan material elektrolit padat dalam SOFC (Akbari, 2012). Serangkaian material dengan *base*  $\text{CeO}_2$  yang didoping telah diteliti secara intensif karena penggunaannya yang sangat luas dalam berbagai bidang sebagai elektrolit dan elektroda dalam SOFC (Sriyanti, 2007). Hingga saat ini sebagian besar SOFC yang diproduksi secara komersial menggunakan YSZ sebagai elektrolitnya.

Sementara itu, penggunaan YSZ sebagai material elektrolit padat terkendala oleh temperatur operasi yang tinggi (700-1000 °C) (Zhang, 2011). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan pengembangan material elektrolit padat yang dapat beroperasi pada temperatur intermediet/menengah (400-700 °C) namun memiliki konduktivitas ionik yang tinggi. Dengan temperatur operasi intermediet akan dapat mengurangi penggunaan energi sehingga dapat menekan biaya operasi selama proses berlangsung. Selain biaya operasi yang rendah, material elektrolit yang memiliki konduktivitas ionik yang tinggi dapat menghasilkan energi listrik yang lebih optimal (Konysheva, 2011). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkarakterisasi rangkaian larutan padat CeO<sub>2</sub> yang didoping dengan oksida tanah jarang (*rare earth*) (RE-CeO<sub>2</sub>), ditemukan bahwa energi aktivasi ( $E_a$ ) senyawa ini lebih rendah sehingga konduktivitas ionik RE-CeO<sub>2</sub> lebih besar daripada YSZ (Christie, 1996; Zhang, 2011). Jika CeO<sub>2</sub> didoping dengan oksida tanah jarang yang bervalensi dua atau tiga, maka akan terjadi kekosongan oksigen yang terbentuk didalam kisi dan memicu peningkatan transfer ion oksigen sehingga nilai konduktivitas ionik pada RE-CeO<sub>2</sub> juga meningkat.

Logam tanah jarang merupakan unsur yang terletak di dalam golongan lantanida dan termasuk tiga unsur tambahan yaitu yttrium, torium, dan skandium. Diantara unsur tanah jarang tersebut, oksida yang biasa digunakan dalam aplikasi pembuatan material elektrolit padat dan elektroda SOFC adalah Yttria (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Gadolinia (Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Gadolinia sebagai dopan pada sistem CeO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki temperatur operasi yang rendah yaitu < 700 °C, konduktivitas ion yang tinggi, dan merupakan alternatif dari penggunaan YSZ sebagai material elektrolit padat karena reaktifitas yang rendah dan kompatibilitas kimia yang baik terhadap banyak material katoda. Sedangkan penambahan dopan Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada CeO<sub>2</sub> sebagai *base* bertujuan untuk meningkatkan kesetimbangan yang baik antara sifat kestabilan kimia dan mekanik dengan nilai konduktivitasnya (Fajriyah, 2016).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini pembuatan material elektrolit padat menggunakan CeO<sub>2</sub> sebagai *base* yang didopan dengan Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Untuk melihat pengaruh penambahan dopan di atas, dilakukan penambahan variasi persen rasio mol dopan, temperatur sintering, dan waktu sintering terhadap nilai energi aktivasi yang terkait dengan konduktivitas ionik.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

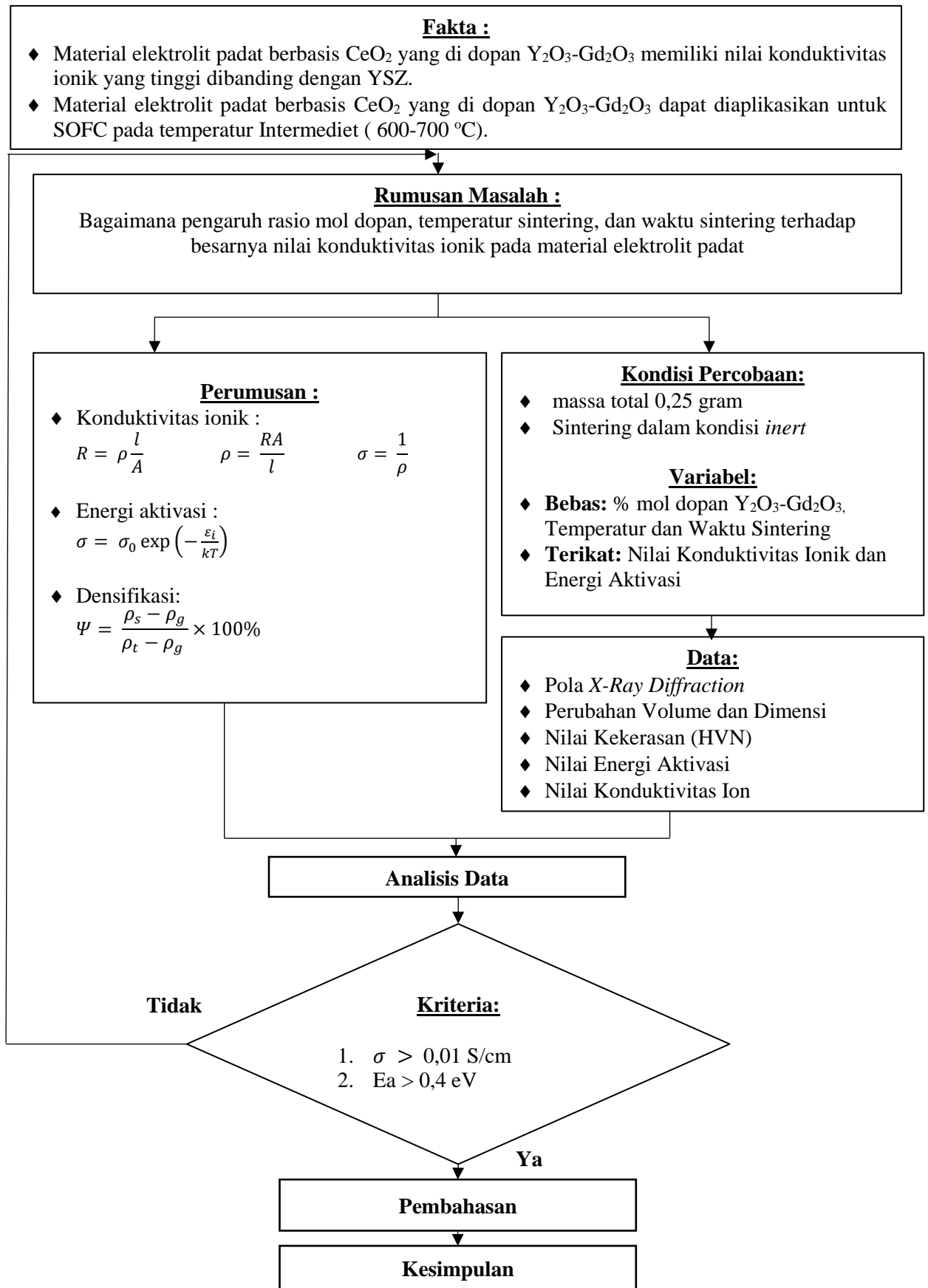
1. Mempelajari sifat dan karakteristik material elektrolit padat berbasis  $\text{CeO}_2$  yang di doping  $\text{Y}_2\text{O}_3$ - $\text{Gd}_2\text{O}_3$  untuk aplikasi SOFC pada temperatur intermediet.
2. Menganalisis pengaruh variasi persen rasio mol dopan, temperatur sintering, dan waktu sintering terhadap mekanisme perpindahan massa dan penyusutan linier serta menganalisis 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 optimum yang akan menghasilkan nilai konduktivitas ionik yang maksimum.
5. Menentukan energi aktivasi dan pengaruhnya terhadap nilai konduktivitas ionik pada hasil sintering material elektrolit.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah menganalisis karakteristik material elektrolit padat berbasis  $\text{CeO}_2$  dengan dopan  $\text{Y}_2\text{O}_3$ - $\text{Gd}_2\text{O}_3$  dengan variasi persen rasio mol dopan yaitu 0 ; 0,1 ; 0,15 ; 0,2, temperatur sintering ( $T_s$ ) 1200 °C, 1300 °C, dan 1400 °C, serta waktu sintering 3, 4, dan 5 jam, terkait penyusutan linier serta hasil densifikasinya, senyawa yang terbentuk dan sifat mekanik. Selain itu, penelitian ini juga dibatasi pada pengaruh variasi di atas terhadap energi aktivasi yang terkait dengan konduktivitas ionik material elektrolit padat berbasis  $\text{CeO}_2$  dengan dopan  $\text{Y}_2\text{O}_3$ - $\text{Gd}_2\text{O}_3$ .

## 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 Penelitian

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

### 1. Bab I Pendahuluan

Bab pertama menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian mengenai material elektrolit padat berbasis  $\text{CeO}_2$  yang didoping  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3$  dengan merujuk dari berbagai literatur yang mendukung dan berhubungan dengan hal tersebut.

### 2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab kedua menjelaskan tentang *fuel cell*, jenis-jenis *fuel cell*, prinsip kerja SOFC, perkembangan material elektrolit padat, karakteristik material elektrolit padat, teori sintering, teori *defect* pada keramik, teori energi aktivasi, pengaruh penambahan rasio mol dopan terhadap konduktivitas ionik, dan pengaruh temperatur terhadap konduktivitas ionik.

### 3. Bab III Prosedur dan Hasil Percobaan

Bab ketiga menjelaskan menjabarkan tentang tahap-tahap prosedur percobaan yang dilakukan dan hasil data percobaan.

### 4. Bab IV Pembahasan

Bab keempat merupakan pembahasan hasil data percobaan yang diperoleh pada bab sebelumnya. Pembahasan difokuskan pada pengaruh penambahan persen variasi rasio mol dopan  $\text{Y}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , temperatur sintering, waktu sintering, dan pengaruh variasi di atas terhadap energi aktivasi yang terkait dengan konduktivitas ionik material elektrolit padat berbasis  $\text{CeO}_2$  dengan dopan  $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Gd}_2\text{O}_3$ .

### 5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab kelima terdiri dari kesimpulan akhir penelitian dan saran-saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.

Kelima bab tersebut dilengkapi dengan Daftar Pustaka dan Lampiran.

