

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi sangat penting dalam mendukung kemajuan ekonomi serta modernisasi suatu negara sehingga permintaan dan ketergantungan pada bahan bakar fosil mengalami peningkatan yang sangat signifikan baik di negara maju maupun berkembang. Permintaan energi global meningkat pesat hingga diproyeksikan dari  $14,5 \times 10^{10}$  MW pada tahun 2007 menjadi  $21,8 \times 10^{10}$  MW pada tahun 2035 (peningkatan sebesar 49 %). Banyak penelitian dilakukan untuk memenuhi permintaan ini, mengingat kekurangan bahan bakar di pedesaan dapat meningkatkan kemiskinan di negara-negara berkembang (Hossain *et al.*, 2015).

Sel bahan bakar dapat menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena dapat mengubah reaksi kimia antara hidrogen dan oksigen menjadi energi. Sel bahan bakar memiliki potensi yang baik sebagai pengganti baterai pada barang-barang elektronik seperti komputer portabel, melalui gabungan panas dan daya skala perumahan/ *residential scale combined heat and power* (CHP), hingga pembangkit energi terdistribusi (Loureiro *et al.*, 2019). Salah satu jenis sel bahan bakar yang dewasa ini banyak diteliti adalah sel bahan bakar oksida padat/ *solid oxide fuel cell* (SOFC) karena menyediakan alternatif yang ramah lingkungan dan efisien untuk perangkat penghasil listrik konvensional serta teknologi alternatif dalam menggantikan mesin pembakaran internal (Lin *et al.*, 2008).

SOFC mengandung material elektrolit yang berdasarkan strukturnya dapat dibagi menjadi 2 kelompok utama; *fluorite-structured electrolytes* dan *perovskites-structured electrolytes*. Struktur fluorit, merupakan susunan kation kubik berpusat muka (*face centered cubic*), memiliki struktur terbuka dengan rongga interstisial yang membantu dalam difusi ion lebih cepat. Material elektrolit dengan struktur fluorit yang paling banyak digunakan dalam SOFC yaitu Zirkonium dioksida ( $ZrO_2$ ) (Alaswad *et al.*, 2021) (Putri *et al.*, 2021).

Zirkonium dioksida ( $ZrO_2$ ) atau yang dikenal sebagai zirkonia merupakan bahan keramik yang memiliki kekuatan yang baik dan titik lebur yang sangat tinggi ( $2700^\circ C$ ). Senyawa zirkonia ini juga memiliki fleksibilitas yang tinggi,

konduktivitas ion oksigen, konduktivitas termal yang rendah, dan ketahanan yang baik terhadap korosi (Putra *et al.*, 2014). Zirkonia sangat baik diaplikasikan pada suhu pengoperasian tinggi seperti SOFC, pompa oksigen, sensor oksigen, lapisan penghalang termal (*thermal barrier coatings*), serta aplikasi temperatur tinggi lainnya (Talebi *et al.*, 2010).

Beragam aplikasi zirkonia ini dikaitkan dengan sifat-sifat khusus yang dimilikinya, terutama pada struktur kristalnya. Zirkonia murni memiliki struktur yang tidak stabil dalam fungsi temperatur karena memiliki tiga macam struktur kristal pada temperatur yang berbeda. Zirkonia memiliki struktur monoklinik dari suhu kamar hingga 1100 °C, struktur tipe fluorit tetragonal terdistorsi dari 1100 °C hingga 2400 °C dan struktur kubik fluorit di atas 2400 °C (Payyapilly *et al.*, 2007).

Penggunaan zirkonia pada suhu tinggi dan pendinginan hingga suhu kamar mengakibatkan perubahan struktur dengan ekspansi volume. Perubahan volume menciptakan retakan karena tegangan yang diinduksi sehingga banyak penelitian dilakukan untuk menstabilkan strukturnya pada suhu kamar. Pendekatan dengan melibatkan nanokristal zirkonia membantu menurunkan energi permukaan untuk fase kubik dan tetragonal dibandingkan monoklinik dan pendekatan yang paling efektif yaitu doping zirkonia dengan oksida logam (Irshad *et al.*, 2020). Dopan menstabilkan fase zirkonia dengan mengganti beberapa ion zirkonium. Konsentrasi dopan sangat mempengaruhi konduktivitas ionik zirkonia. Penggantian beberapa ion  $Zr^{4+}$  dengan  $Y^{3+}$  dengan perbedaan muatan ionik akan meningkatkan kekosongan oksigen yang sebagai hasilnya meningkatkan konduktivitas ionik serta meningkatkan kestabilan secara struktural dan termodinamika (Hsu *et al.*, 2011).

Zirkonia yang telah distabilkan oleh yttria disebut *yttria stabilized zirconia* (YSZ) banyak digunakan sebagai keramik struktural, katalis padat implan medis, sensor, lapisan penghalang termal, bahan listrik atau pada penggunaan yang paling luas sebagai elektrolit oksigen untuk sel bahan bakar oksida padat/*solid oxide fuel cell* (SOFC) (Fei *et al.*, 2017). Rasio molar yttria yang berbeda digunakan untuk menstabilkan zirkonia akan menghasilkan sifat yang berbeda. Zirkonia yang didoping yttria 8 mol% (8YSZ) adalah komposisi yang paling umum digunakan pada suhu tinggi karena konduktivitas ioniknya yang tinggi ( $\sim 0,1 \text{ Scm}^{-1}$  pada 1273

K) dan struktur yang stabil karena untuk 8 % mol hanya menunjukkan struktur kubik fluorit (Prabhakaran *et al.*, 2007).

Penggunaan 8YSZ pada suhu tinggi dipengaruhi kekosongan oksigen yang besar dalam strukturnya sehingga menurunkan kekuatan mekanik 8YSZ. Konduktivitas ioniknya juga menurun seiring penurunan suhu operasi dari 800 °C hingga 600 °C. Penyimpangan sifat 8YSZ ini dikaitkan dengan distribusi butiran dan adanya aglomerasi berlebih di dalamnya sehingga distribusi ukuran dan kehomogenan butiran menjadi faktor penting dalam menentukan sifat 8YSZ. Sintesis yang berbeda dapat diadopsi untuk mendapatkan karakteristik yang dibutuhkan seperti keseragaman, kepadatan tinggi dan lainnya. Pada sintesis ini nanokristal ZrO<sub>2</sub> dan YSZ kubik dengan konsentrasi itrium 0,08 mol (8YSZ) disiapkan dengan metode hidrotermal (Piticescu *et al.*, 2001).

Teknik sintesis hidrotermal digunakan dalam penelitian ini karena dapat menghasilkan nanokristal dengan ukuran butir halus dan distribusi ukuran butir sempit pada suhu rendah. Pertumbuhan partikel dan kontrol morfologi dapat dicapai melalui parameter termodinamika dan kinetik seperti suhu, waktu sintesis, dan penggunaan aditif. Derajat keasaman larutan (pH) juga menjadi faktor kunci dalam sintesis ini untuk mendapatkan nanokristal YSZ berfasa kubik. Kondisi pH < 3 cenderung menghasilkan nanokristal berfasa monoklinik, 4 < pH < 7 fasa tetragonal dan pH > 7 fasa kubik (Haibo *et al.*, 2015).

Pada penelitian ini digunakan suhu sintesis 150 °C dan 180 °C selama 24 jam yang diadopsi dari (Sato *et al.*, 2015) dan (Lai *et al.*, 2023). Pada sintesis nanokristal ZrO<sub>2</sub> dan 8YSZ ini juga digunakan *capping agent* dari ekstrak daun gambir untuk mengurangi pertumbuhan dan penggumpalan atau aglomerasi berlanjut pada nanokristal. Daun gambir mengandung salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai *capping agent* dalam sintesis senyawa nanopartikel YSZ yaitu golongan fenolik pada senyawa flavonoid yang strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH). Salah satu senyawa flavonoid yaitu katekin, senyawa katekin terkandung sebanyak 62,18% pada daun gambir dan telah banyak digunakan sebagai *capping agent* dalam sintesis nanopartikel (Arief *et al.*, 2015).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah sintesis senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ) dengan metode hidrotermal menggunakan *capping agent* dengan variasi pH dan suhu menghasilkan fasa kubik?
2. Bagaimana pengaruh pH dan suhu sintesis serta penggunaan *capping agent* terhadap struktur kristal dan morfologi senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ)?
3. Bagaimana nilai konduktivitas ionik senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ) berfasa kubik dengan metode hidrotermal menggunakan *capping agent* dengan variasi pH dan suhu.
2. Menganalisis pengaruh pH dan suhu sintesis serta penggunaan *capping agent* terhadap struktur kristal dan morfologi senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ).
3. Mengukur konduktivitas ionik senyawa *yttria stabilized zirconia* 8% (8YSZ) hasil sintesis.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi terbaru mengenai senyawa *yttria stabilized zirconia*-8% dengan variasi pH dan *capping agent* yang memiliki struktur kristal, morfologi dan konduktivitas ionik yang baik. Keberhasilan metode hidrotermal dalam proses sintesis diharapkan dapat memberi pilihan metode dalam mensintesis senyawa nano pada bidang material. Senyawa YSZ berfasa kubik dengan nilai konduktivitas ionik yang tinggi dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material ini sebagai material elektrolit pada sel bahan bakar oksida padat (*solid oxide fuel cell*) dalam kehidupan sehari-hari.