

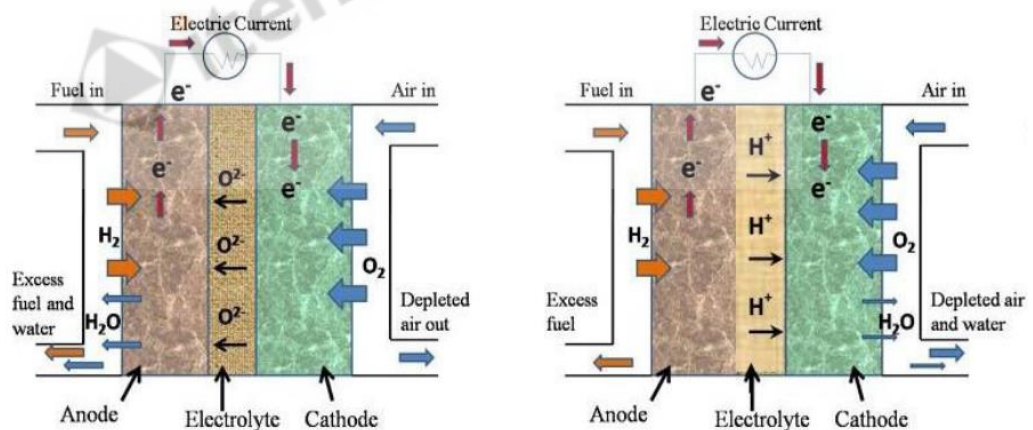
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Solid Oxide Fuel Cell*

Solid oxide fuel cell (SOFC) adalah perangkat konversi energi elektrokimia yang mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik dengan regenerasi bahan bakar. *Solid oxide fuel cell* menghasilkan listrik yang berguna oleh reaksi bahan bakar dengan oksidan yang berdifusi melalui lapisan elektrolit padat sebagai penghantar ion (Mahato, N, 2015). Secara umum SOFC memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan jenergi konvensional, diantaranya efisiensinya sekitar 60%-70%, polusi udara rendah, polusi suara rendah, dan desainnya fleksibel sesuai kebutuhan (Indriyaningsih N, 2008). Selain itu juga, SOFC mampu beroperasi pada temperatur tinggi 1000°C (Syarif D.G, 2013).

Skema SOFC dapat dilihat pada **Gambar 2.1**

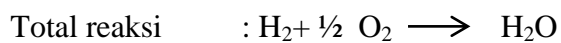
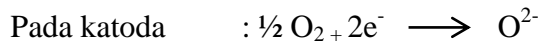
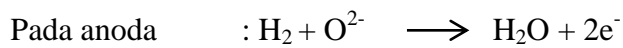


Gambar 2.1 Skema SOFC (Mahato.N, 2015)

Pada diagram skematik diatas ditunjukkan (a) SOFC dengan ion oksida atau gambar (b) SOFC dengan konduksi proton melalui elektrolit. Elektron yang dihasilkan dari proses oksidasi bahan bakar di anoda, dialirkan ke elektroda melalui elektrolit padat untuk direduksi oksigen. Listrik dengan

begitu dapat dihasilkan oleh aliran elektron melalui elektrolit padat dalam sirkuit eksternal yaitu dari anoda ke katoda (Mahato, N, 2015).

Reaksi-reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda didalam SOFC dapat dijabarkan sebagai berikut :



Ketika beroperasi, ion oksigen dari katoda akan mengalir menuju lapisan melalui lapisan elektrolit ke anoda yang akan mengoksidasi bahan bakar dan menghasilkan ion hidrogen serta elektron bebas.

Elektron bebas tersebut kemudian akan bergerak untuk menyeimbangkan reaksi sesuai sifatnya dimana elektron bebas akan berusaha melekat pada proton agar reaksinya setimbang. Dengan begitu elektron akan masuk ke katoda dan menyebabkan terjadinya reaksi reduksi zat oksidan, yaitu oksigen. Ion oksida kemudian mengalir melalui komponen elektrolit untuk bereaksi dengan bahan bakar di anoda dan menghasilkan air (H_2O). SOFC sendiri memiliki tiga komponen utama Sebagai berikut :

- Elektrolit, memiliki peranan yang sangat penting pada SOFC sebagai pemisah antara katoda dan anoda. Elektrolit berfungsi untuk memindahkan ion-ion pada reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi anoda dalam sel bahan bakar.
- Katoda, berfungsi menjadi batas untuk oksigen dan elektrolit, mengkatalis reaksi reduksi oksigen, dan menghubungkan elektron-elektron menuju tempat reaksi. Selain itu katoda merupakan elektroda yang berinteraksi langsung dengan udara.
- Anoda, berfungsi menjadi batas untuk bahan bakar dan elektrolit, mengkatalis reaksi oksidasi dan menghubungkan elektron-elektron dari tempat reaksi ke rangkaian eksternal. Selain itu anoda merupakan elektroda yang berinteraksi langsung dengan bahan bakar hidrogen.

2.2 *Calcium Stabilized Zirconia*

Calcium Stabilized Zirconia (CSZ) merupakan elektrolit berbahan dasar zirkonia yang distabilkan menggunakan kalsia. CSZ dapat digunakan sebagai elektrolit pada SOFC karena memiliki konduktivitas ionik, dan kekuatan mekanik yang baik. Berdasarkan hasil penelitian CSZ memiliki konduktivitas ionik sebesar $1,108 \times 10^{-5}$ S/cm pada temperatur 450°C [Awaliyah, 2011]. Nilai standar konduktivitas ionik untuk elektrolit SOFC adalah 0,1 S/cm pada temperatur 1000°C atau 0,3 S/cm pada temperatur 500°C (Syarif D.G, 2013). SOFC yang menggunakan elektrolit CSZ dapat dioperasikan pada temperatur suhu operasi yang lebih rendah jika ditambah dengan material lain yang mempunyai konduktivitas ionik yang tinggi. Konduktivitas ionik ini sangat dipengaruhi oleh kondisi penyinteran. Apabila kondisi penyinteran berbeda maka akan menghasilkan karakteristik yang berbeda (Raharjo. J, 2008). Struktur mikro dengan densitas yang besar merupakan salah satu syarat yang penting untuk konduktivitas ionik. Kriteria yang dibutuhkan oleh suatu elektrolit di antaranya adalah memiliki kepadatan yang tinggi dengan pori yang sedikit, konduktivitas ionik yang tinggi dan stabilitas kimia yang baik terhadap elektroda (Stambouli. A.B, 2002).

Bahan dasar elektrolit CSZ berasal dari *Zirconia Dioksida* (ZrO_2) tergolong material yang bersifat *polimorf* yang memiliki tiga macam struktur kristal yaitu monoklinik, tetragonal dan kubik. Zirkonia murni pada suhu kamar memiliki struktur kristal monoklinik ($m\text{-ZrO}_2$) dan bila terkena pemanasan sampai $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ akan berubah struktur kristalnya menjadi tetragonal ($t\text{-ZrO}_2$). Karena pada kisaran suhu $1000 - 1100^{\circ}\text{C}$ masih tergolong fase yang tidak stabil dan bila didinginkan kembali pada suhu ruang akan berubah kembali menjadi monoklinik ($m\text{-ZrO}_2$). Oleh karena itu, $m\text{-ZrO}_2$ atau $t\text{-ZrO}_2$ hanya sesuai untuk aplikasi pada suhu rendah atau suhu ruang, akan tetapi $m\text{-ZrO}_2$ atau $t\text{-ZrO}_2$ memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi dibanding dengan $c\text{-ZrO}_2$. Sedangkan $c\text{-ZrO}_2$ tergolong fasa yang paling stabil terhadap perubahan

suhu. Untuk menstabilkannya struktur kristalnya sebagian atau seluruh perlu diubah ke fasa c-ZrO₂ (Saptawendar. R, 2011). Untuk menstabilkan zirkonia, biasanya zirkonia ditambahkan dengan oksida lain seperti CaO. Bila zirkonia dicampur dengan kalsia (CaO), maka zirkonia akan stabil dengan membentuk fasa tetragonal atau kubik. Sifat-sifat yang dimiliki zirkonia dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Zirkonia (Greedon, 1994)

Radius Atom	1,6Å	Modulus Young	88 Gpa
Volume Atom	14,1 cm ³ /mol	Modulus Shea	33 Gpa
Massa Atom	91,224 gr/mol	Bulk Modulus	91,1 Gpa
Struktur Kristal	Heksagonal	Rasio Poisson	0,34
Massa Jenis	6,51 g/cm ³	Kekerasan Vickers	903 Mpa
Konduktivitas Listrik	2,3 x 10 ⁶ ohm ⁻¹ cm ⁻¹	Konduktivitas Panas	22,7 Wm ⁻¹ K ⁻¹

Sifat-sifat zirkonia tersebut dapat menjadi acuan dalam pembuatan elektrolit SOFC.

2.3 Kalsinasi

Kalsinasi adalah proses pemanasan dengan temperatur tinggi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air dan gas gas terjebak didalam suatu bijih atau benda padat. Variasi temperatur kalsinasi pada penelitian ini dilakukan agar dapat mendapatkan data temperatur kalsinasi yang optimal dalam karakterisasi CSZ.

2.4 Metode Sol-Gel

Metode sol-gel adalah salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana. Metode ini merupakan salah satu “*wet method*” karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (berupa koloid padatan tersuspensi dalam larutan) dan kemudian menjadi gel (koloid yang mempunyai fraksi solid lebih besar daripada sol). Bahan-bahan yang biasa digunakan sebagai katalis dalam metode sol-gel diantaranya yaitu urea, polyvinyl alkohol atau asam sitrat. Proses sol-gel merupakan proses yang banyak digunakan untuk membuat keramik dan material gelas. Pada umumnya, proses sol-gel, melibatkan transisi sistem dari sebuah liquid “sol” menjadi solid “gel”. Melalui proses sol-gel, maka produksi keramik atau material gelas dalam berbagai jenis dan bentuk dapat dilakukan (Mariya. A, 2012).

