

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
DAFTAR RUMUS DAN PERSAMAAN REAKSI .....	xii
DAFTAR ISTILAH .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Keramik .....	4
2.2 <i>Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)</i> .....	4
2.3 <i>Calcia Stabilized Zirconia (CSZ)</i> .....	6
2.4 Zirkonium Tetraklorida ( $ZrCl_4$ ) .....	9
2.5 Kalsium Oksida (CaO) .....	10
2.6 Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) .....	11
2.7 Sol-Gel .....	12
2.8 Polivinil Alkohol (PVA) .....	14
2.9 Gypsum ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) .....	15
2.10 <i>Slip Casting</i> .....	16
2.11 <i>Sintering</i> .....	17
2.12 Konduktivitas Ionik .....	17
2.13 <i>Nyquist Plot</i> .....	18

2.14	XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	19
2.15	SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	21
BAB III METODE PENELITIAN .....		23
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2	Alat, Bahan dan Instrumentasi .....	23
3.3	Prosedur Penelitian .....	24
3.3.1	Pembuatan CSZ dengan Metode Sol-Gel .....	24
3.3.1.1	Tahap awal metode sol gel .....	25
3.3.1.2	Kalsinasi .....	25
3.3.1.4	Penggerusan .....	25
3.3.2	Pembuatan Keramik CSZ Menggunakan Metode <i>Slip Casting</i> .....	26
3.3.2.1	Pembuatan Cetakan .....	27
3.3.2.2	Preparasi <i>Slip</i> Campuran CSZ .....	27
3.3.2.3	Proses Pencetakan Keramik CSZ .....	28
3.3.2.4	<i>Sintering</i> .....	28
3.3.2.5	Karakterisasi Keramik CSZ .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Hasil .....	31
4.1.1	Hasil Analisis Difraksi Sinar-X .....	31
4.1.2	Hasil Analisis Penampang Lintang (Morfologi) .....	33
4.2	Pembahasan .....	34
4.2.1	Sintesis CSZ dan Pembuatan Keramik CSZ .....	34
4.2.2	Struktur Kristal Keramik CSZ.....	37
4.2.3	Morfologi Keramik CSZ.....	40
4.2.4	Konduktivitas Ionik CSZ .....	42
4.2.5	Kerapatan Jenis Keramik CSZ .....	43
4.2.6	Hubungan Antara Fase Kristal, Morfologi , Kerapatan Jenis dan Konduktivitas Ionik Keramik CSZ .....	44
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....		46
5.1	Kesimpulan .....	46
5.2	Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN .....	51



uin

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUNAN GUNUNG DJATI  
BANDUNG

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen SOFC.....	5
Gambar 2.2	Ilustrasi prinsip kerja SOFC .....	6
Gambar 2.3	Struktur baddeleyite $ZrO_2$ di alam bebas .....	7
Gambar 2.4	Diagram perubahan sruktur kristal $ZrO_2$ .....	7
Gambar 2.5	Diagram fase CSZ pada suhu <i>sintering</i> .....	8
Gambar 2.6	Struktur kubus kristal zirkonia .....	9
Gambar 2.7	Struktur zirkonium tetraklorida .....	9
Gambar 2.8	Struktur CaO.....	11
Gambar 2.9	Struktur kimia asam sitrat .....	11
Gambar 2.10	Diagram alir proses sol-gel .....	13
Gambar 2.11	Molekul dan struktur kimia PVA .....	14
Gambar 2.12	Struktur atom gipsum.....	15
Gambar 2.13	Cetakan <i>slip casting</i> .....	16
Gambar 2.14	<i>Nyquist plot</i> dengan pola sederhana.....	18
Gambar 2.15	<i>Nyquist plot</i> elektrolit padat YSZ pada suhu 240 °C .....	19
Gambar 2.16	Proses difraksi sinar-X pada bidang kristal ( <i>crystal planes</i> ).....	20
Gambar 2.17	Pola difraksi sinar-X serbuk CSZ .....	21
Gambar 2.18	Perbandingan hasil foto SEM katode film CSZ-LSM: (a) ukuran <i>screen</i> 225 mesh; (b) ukuran <i>screen</i> 325 mesh; dan (c) ukuran <i>screen</i> 375 mesh.....	22
Gambar 3.1	Alur pembuatan CSZ menggunakan metode Sol-Gel .....	24
Gambar 3.2	Alur pembuatan keramik CSZ menggunakan metode <i>slip casting</i> .....	26
Gambar 4.1	Hasil XRD bubuk CSZ .....	31
Gambar 4.2	Hasil XRD pada sampel keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 1%; dan (b) keramik CSZ + PVA 2% .....	32
Gambar 4.3	Hasil XRD pada sampel keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 3%; dan (b) keramik CSZ + PVA 4% .....	33

Gambar 4.4	Hasil SEM pada sampel keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 1%; (b) keramik CSZ + PVA 2%; (c) keramik CSZ + PVA 3%; dan (d) keramik CSZ + PVA 4% .....	34
Gambar 4.5	Pola difraksi sinar-X serbuk CSZ.....	37
Gambar 4.6	Pola difraksi sinar-X sampel keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 1%; dan (b) keramik CSZ + PVA 2% .....	38
Gambar 4.7	Pola difraksi sinar-X sampel keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 3%; dan (b) keramik CSZ + PVA 4% .....	39
Gambar 4.8	Morfologi keramik CSZ: (a) keramik CSZ + PVA 1%; (b) keramik + PVA 2%; (c) keramik + PVA 3%; dan (d) keramik + PVA 4% .....	41
Gambar 4.9	Grafik perbandingan nilai konduktivitas ionik terhadap suhu .....	42
Gambar 4.10	Grafik perbandingan nilai resistivitas ionik terhadap suhu .....	43
Gambar 4.11	Grafik perbandingan kerapatan jenis pada masing-masing sampel keramik CSZ.....	44



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik fisik PVA .....	15
Tabel 4.1	Nilai parameter kisi kubus keramik CSZ .....	40



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. PERHITUNGAN .....	51
A.1 Perhitungan Luas Keramik CSZ .....	51
A.2 Perhitungan Volume Keramik CSZ .....	52
A.3 Perhitungan Kerapatan Jenis Keramik CSZ .....	53
A.4 Perhitungan Konduktivitas Ionik Keramik CSZ .....	54
A.5 Perhitungan Resistivitas Ionik Keramik CSZ .....	58
A.6 Perhitungan Parameter Kisi Keramik CSZ .....	60
LAMPIRAN B. DATA PENGAMATAN .....	64
B.1 Tabel Pengamatan Pembuatan CSZ dengan Metode Sol-Gel.....	64
B.2 Tabel Hasil Pengukuran Densitas Keramik CSZ .....	65
B.3 Tabel Hasil Pengukuran Konduktivitas Ionik Keramik CSZ .....	66
B.4 Tabel Hasil Pengukuran Resistivitas Ionik Keramik CSZ .....	67
B.5 Grafik Hasil Pengukuran LCR Meter .....	68
LAMPIRAN C. DATA JCPDS .....	80
C.1 JCPDS CSZ Kubus.....	80
C.2 JCPDS Zirkonia Monoklinik .....	81
LAMPIRAN D. DOKUMENTASI PENELITIAN .....	82
D.1 Gambar Peralatan Penelitian.....	82
D.2 Gambar Proses Penelitian .....	83

## DAFTAR RUMUS DAN PERSAMAAN REAKSI

Persamaan. 1	Reaksi pada katode .....	6
Persamaan. 2	Reaksi pada anode .....	6
Persamaan. 3	Reaksi total SOFC .....	6
Persamaan. 4	Reaksi total (setara) .....	6
Persamaan. 5	Reaksi klorinasi .....	10
Persamaan. 6	Reaksi CaO dengan air .....	10
Persamaan. 7	Reaksi pemanasan $\text{CaCO}_3$ .....	10
Persamaan. 8	Reaksi hidrolisis sol-gel .....	12
Persamaan. 9	Reaksi kondensasi air sol-gel .....	13
Persamaan. 10	Reaksi kondensasi alkohol sol-gel .....	13
Persamaan. 11	Persamaan Bragg .....	19
Persamaan. 12	Rumus jari-jari (r) keramik .....	29
Persamaan. 13	Rumus luas penampang (A) keramik .....	29
Persamaan. 14	Rumus volume (v) keramik .....	29
Persamaan. 15	Rumus kerapatan jenis ( $\rho$ ) keramik .....	29
Persamaan. 16	Rumus konduktivitas ( $\sigma$ ) keramik .....	30
Persamaan. 17	Reaksi CaO dengan HCl pekat .....	35
Persamaan. 18	Kemungkinan reaksi pengkelatan ion logam $\text{Zr}^{4+}$ dengan asam sitrat .....	35
Persamaan. 19	Reaksi penambahan PVA pada keramik CSZ .....	36



## DAFTAR ISTILAH

Butir	= kristal-kristal yang memiliki suatu pola dan arah tertentu.
Dopan	= zat yang ditambahkan sebagai penstabil.
Elektrolit	= zat yang dapat terurai menjadi ion-ion dan dapat menghantarkan listrik.
<i>Fuel cell</i>	= sel bahan bakar elektrokimia.
Impedansi	= perhitungan secara total dalam ohm atau hambatan dalam ( $Z$ ).
Kalsinasi	= pemanasan bahan sampai suhu tinggi tanpa terjadinya peleburan.
Kerapatan jenis	= jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume.
Konduktivitas	= kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan.
<i>Plasticizer</i>	= zat yang ditambahkan untuk meningkatkan sifat polimer.
<i>Sintering</i>	= proses pembakaran keramik.
<i>Slip casting</i>	= metode untuk membuat keramik berpori dengan cara kapilaritas.
Sol-gel	= salah satu metode untuk membuat nanopartikel.

