

**ANALISIS KARAKTERISTIK SINTERING $\text{BaZr}_{(y-x)}\text{Ce}_x\text{Y}_{(1-y)}\text{O}_3$
DENGAN DOPING ZnO SEBAGAI ELEKTROLIT PADAT
PADA *SOFC***

TUGAS AKHIR

GIANNISA MASHANAFIE

123.11.008



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2015**

**ANALISIS KARAKTERISTIK SINTERING $\text{BaZr}_{(y-x)}\text{Ce}_x\text{Y}_{(1-y)}\text{O}_3$
DENGAN DOPING ZnO SEBAGAI ELEKTROLIT PADAT
PADA *SOFC***

TUGAS AKHIR

GIANNISA MASHANAFIE

123.11.008

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Metalurgi Dan Material Institut Teknologi Dan Sains Bandung



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
SEPTEMBER 2015**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Giannisa Mashanafie

NIM : 123.11.008

Tanda Tangan :

Tanggal : Senin, 19 September 2015

**ANALISIS KARAKTERISTIK SINTERING $\text{BaZr}_{(y-x)}\text{Ce}_x\text{Y}_{(1-y)}\text{O}_3$
DENGAN DOPING ZnO SEBAGAI ELEKTROLIT PADAT
PADA *SOFC***

TUGAS AKHIR

GIANNISA MASHANAFIE

123.11.008

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Program Studi
Metalurgi Dan Material Institut Teknologi Dan Sains Bandung

Menyetujui,
Kota Deltamas, 19 September 2015

Pembimbing,

Prof. Dr. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc
NIP. 130528356

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr.Eng Akhmad Ardian Korda, S.T., M.T.
NIP. 197412042008011011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena petunjuk, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa berdiri tegak dan tegas untuk menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir dengan judul “**Analisis Karakteristik Sintering Sistem $BaZr_{(y-x)}Ce_xY_{(1-y)}O_3$ Dengan Doping ZnO Sebagai Elektrolit Padat Pada SOFC**”. Laporan ini diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana dalam Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Tidak penulis lupakan kerja-sama serta dukungan dari berbagai pihak selama penelitian tugas akhir ini berlangsung, oleh sebab itu penulisan mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Akhmad A. Korda sebagai Ketua Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc, sebagai dosen pembimbing penulis, yang telah memberikan banyak ilmu, petunjuk bantuan, motivasi dan bimbingan yang sangat bermanfaat dan takan dilupakan bagi penulis.
3. Killang Pratama S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah banyak membantu dalam keperluan surat-menyerurat dan banyak memberikan saran kepada penulis.
4. Dr. Ir. Dani Gustaman, M.Eng., yang telah membantu memfasilitasi keperluan penelitian di BATAN.
5. Seluruh staf dosen pengajar Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah mengajarkan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Kedua orang tua, Ayahanda Ahmad Yanto Mashanafie dan Ibunda tercinta Deasyana Banteng yang selalu memotivasi dan mendukung secara moril maupun materil serta selalu mendoakan penulis selama pengerjaan penulisan tugas akhir.

7. Kedua adik penulis Zulfikar Akbar Mashanafie dan Haekal Haq Mashanafie serta segenap keluarga besar yang telah banyak memotivasi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Fajar Firdaus, yang telah banyak membantu saat penulis mempersiapkan penelitian di Laboratorium Metalurgi Fisik dan Keramik.
9. Teman-teman seperjuangan MM#01 dan MM#02 : Azmitia Ningrum, Oktavia Parliyanti, Ka' alfi, Ka' Sunoto, Rahman, Asep, Daken, Tri, Lagang yang telah berjuang bersama-sama hingga akhirnya kita diwisuda Oktober.
10. Kawan-kawan Himatama ITSB yang telah banyak memberikan cerita selama di masa kuliah ini serta atas doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan tugas akhir.
11. Para sahabat yang tetap mendukung meski ada jarak memisahkan : Iif Istifaiyah, Alifatul Muyassaroh, Hanifah Fauziah, Fikriah Rizki dan Ufia Dachlan
12. Salman Syafar Ramzy yang tidak pernah berhenti untuk menyemangati penulis dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
13. Nur Desri Srah Putri atas pinjaman motornya yang setia menemani perjalanan selama pengerjaan penulisan tugas akhir.
14. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata semoga Allah SWT berkenan memberikan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu. Besar harapan penulis agar hasil penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 19 September 2015

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi dan Sains Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Giannisa Mashanafie
NIM : 123.11.008
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik dan Desain
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi dan Sains Bandung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Rights*) atas karya ilmiah berjudul :

“Analisis Karakteristik Sintering Sistem $BaZr_{(y-x)}Ce_xY_{(1-y)}O_3$ Dengan Doping ZnO Sebagai Elektrolit Padat Pada SOFC”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) , merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Kota Deltamas
Pada Tanggal : Senin, 11 Oktober 2015
Yang menyatakan,

Giannisa Mashanafie

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|--------------------------------------|---|
| I.1. Latar Belakang Penelitian | 1 |
| I.2. Tujuan Penelitian | 3 |
| I.3. Ruang Lingkup Penelitian | 3 |
| I.4. Metodologi Penelitian | 3 |
| I.5. Sistematika Penulisan | 5 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| II.1. <i>Solid Oxide Fuel Cell</i> (SOFC) | 6 |
| II.1.1. Prinsip Kerja SOFC | 6 |
| II.1.2. Perkembangan Material Elektrolit | 7 |
| II.2. Struktur Perovskite..... | 8 |
| II.3. Konduktivitas Ionik | 9 |
| II.3.1. Hubungan Konduktivitas Ionik dengan <i>Defect</i> | 10 |
| II.3.2. <i>Defect</i> pada Keramik | 10 |
| II.4. Peningkatan Konduktivitas Ionik | 12 |
| II.4.1. Peningkatan Komposisi | 13 |
| II.4.2. Peningkatan dari Struktur Mikro | 13 |

| | |
|--|----|
| II.4.3. Pengaruh Proses | 14 |
| II.5. Karakteristik Sistem <i>Barium Zirconate – Barium Cerate</i> | 14 |
| II.5.1. Karakteristik Dopan Yttria | 15 |
| II.5.2. Karakteristik Dopan ZnO | 15 |
| II.6. Fabrikasi Elektrolit Padat SOFC | 16 |
| II.6.1. Preparasi Serbuk dan Kompaksi | 16 |
| II.6.2. Mekanisme <i>Sintering</i> | 17 |

BAB III PROSEDUR DAN HASIL PERCOBAAN

| | |
|--|----|
| III.1. Bahan dan Peralatan | 22 |
| III.2. Prosedur Percobaan | 23 |
| III.2.1. Preparasi Serbuk dan Kompaksi | 25 |
| III.2.2. Tahapan <i>Sintering</i> | 26 |
| III.2.4. Uji Konduktivitas Ionik | 28 |
| III.3. Analisis Sampel | 29 |
| III.3.1. Penyusutan Linier dan Densifikasi | 29 |
| III.3.2. Analisis Senyawa yang Terbentuk | 30 |
| III.3.3 Analisis Kekerasan | 30 |
| III.3.4 Pengukuran Konduktivitas Ionik | 30 |
| III.4. Hasil Percobaan | 31 |
| III.4.1. Hasil Pengukuran Densifikasi | 31 |
| III.4.2. Hasil Uji Kekerasan Vickers | 32 |
| III.4.1. Hasil Uji <i>X-Ray Diffractometer</i> | 32 |
| III.4.1. Hasil Uji Konduktivitas Ionik | 32 |

BAB IV PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| IV.1. Analisis Karakteristik <i>Sintering</i> | 33 |
| IV.1. Analisis Penyusutan Linier | 33 |
| IV.2. Mekanisme Penyusutan Linier | 36 |
| IV.3. Pengaruh Doping ZnO Terhadap Densifikasi | 38 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| IV.2. | Analisis Hasil <i>X-Ray Diffractometer</i> | 40 |
| IV.2.1. | Pengaruh Doping ZnO Terhadap Senyawa yang Terbentuk | 43 |
| IV.3. | Pengaruh Densifikasi Terhadap Kekerasan | 44 |
| IV.4. | Karakterisasi Konduktivitas Ionik | 45 |
| IV.4.1. | Pengaruh Doping ZnO Terhadap Konduktivitas Ionik | 45 |
| | | |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| V.1. | KESIMPULAN | 48 |
| V.2. | SARAN | 48 |
| | | |
| DAFTAR PUSTAKA | | 49 |
| LAMPIRAN | | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1. | Metodologi penelitian | 4 |
| Gambar 2.1. | Skematik proses pada SOFC | 7 |
| Gambar 2.2. | Struktur umum kisi oksida perovskite | 8 |
| Gambar 2.3. | Tipe-tipe defect | 11 |
| Gambar 2.4. | Hubungan antara struktur mikro, proses dan konduktivitas listrik dalam material <i>polycrystalline</i> | 12 |
| Gambar 2.5. | Tahapan sintering | 18 |
| Gambar 2.6. | Aliran perpindahan massa | 18 |
| Gambar 2.7. | Pendekatan dua titik pusat akibat mekanisme densifikasi | 20 |
| Gambar 3.1. | Diagram alir prosedur percobaan | 24 |
| Gambar 3.2. | Mesin kompaksi <i>uni-axial</i> | 26 |
| Gambar 3.3. | <i>High temperature muffle furnace</i> | 27 |
| Gambar 3.4. | Program <i>sintering</i> yang dilakukan | 28 |
| Gambar 3.5. | Rangkaian pengujian konduktivitas ionik | 29 |
| Gambar 4.1. | Pengaruh doping ZnO terhadap penyusutan diameter | 34 |
| Gambar 4.2. | Mekanisme penyusutan linier | 37 |
| Gambar 4.3. | Pengaruh doping ZnO terhadap densifikasi | 39 |
| Gambar 4.4. | Pola difraksi pada masing-masing sampel | 40 |
| Gambar 4.5. | Pengaruh densifikasi terhadap kekerasan | 44 |
| Gambar 4.6. | Hubungan antara konduktivitas ionik dengan temperatur | 45 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Mekanisme pertumbuhan leher | 19 |
| Tabel 2.2. | Model penyusutan linier | 20 |
| Tabel 3.1. | Komposisi kimia campuran serbuk | 25 |
| Tabel 3.2. | Peningkatan temperatur selama <i>sintering</i> | 28 |
| Tabel 3.3. | Data Perubahan massa, diameter, volume dan densifikasi | 31 |
| Tabel 3.4. | Nilai rata-rata uji keras | 32 |
| Tabel 4.1. | Nilai n untuk mekanisme penyusutan linier pada sampel..... | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|----|
| Lampiran 1 | Perhitungan Komposisi Kimia | 51 |
| Lampiran 2 | Hasil Percobaan | 54 |
| Lampiran 3 | Penurunan rumus untuk penyusutan linier | 57 |
| Lampiran 4 | Hasil <i>X-ray diffractometer</i> | 58 |