

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN DOPAN PEMBANTU
SINTERING CuO DAN VARIASI TEMPERATUR *SINTERING*
TERHADAP PENYUSUTAN, DENSIFIKASI DAN ENERGI
AKTIVASI PADA KERAMIK BARIUM TITANAT SISTEM
BZCT ($\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$)**

TUGAS AKHIR

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

Disusun Oleh :

**Wahyu Lagang Nirbito
123.11.002**



**JURUSAN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
BEKASI – JAWA BARAT**

2015

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN DOPAN PEMBANTU
SINTERING CuO DAN VARIASI TEMPERATUR *SINTERING*
TERHADAP PENYUSUTAN, DENSIFIKASI DAN ENERGI
AKTIVASI PADA KERAMIK BARIUM TITANAT SISTEM
BZCT ($\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Wahyu Lagang Nirbito

123.11.002



**JURUSAN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
BEKASI – JAWA BARAT**

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 : Wahyu Lagang Nirbito

NIM : 123.11.002

Tanda Tangan :

Tanggal : Jumat, 18 September 2015

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN DOPAN PEMBANTU
SINTERING CuO DAN VARIASI TEMPERATUR *SINTERING*
TERHADAP PENYUSUTAN, DENSIFIKASI DAN ENERGI
AKTIVASI PADA KERAMIK BARIUM TITANAT SISTEM
BZCT ($\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$)**

TUGAS AKHIR

**WAHYU LAGANG NIRBITO
123.11.002**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Menyetujui,

Kota Deltamas, 20 Oktober 2015

Pembimbing

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

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Metalurgi dan Material

Dr-Eng. Ir. Akhmad Ardian Korda, ST., MT.
NIP. 197412042008011011

**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 : Wahyu Lagang Nirbito
NIM : 123.11.002
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 Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “***STUDI PENGARUH PENAMBAHAN DOPAN PEMBANTU SINTERING CuO DAN VARIASI TEMPERATUR SINTERING TERHADAP PENYUSUTAN, DENSIFIKASI DAN ENERGI AKTIVASI PADA KERAMIK BARIUM TITANAT SISTEM BZCT ($Ba_{0.85}Ca_{0.15}Zr_{0.10}Ti_{0.90}O_3$)***” Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Institut Teknologi dan Sains Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : Jumat, 18 September 2015

Yang menyatakan

(Wahyu Lagang Nirbito)

ABSTRAK

Keramik barium titanat merupakan keramik ferroelektrik pertama yang ditemukan. Dengan karakteristik elektrik yang mumpuni, keramik barium titanat mampu menjadi bahan untuk aplikasi yang luas, baik sebagai material dielektrik maupun piezoelektrik, *positive temperature coefficient devices*, *pulse generating devices*, *infrared detectors*, *voltage tunable devices in microwave electronics*, *multilayer ceramic capacitors*, *actuators*, *lead-free piezoelectric transducers*, maupun *charge storage devices*. Namun temperatur *sintering* yang tinggi, 1400°C , titik Curie yang masih tinggi, 120°C menjadi satu kendala pada proses produksi barium titanat, sehingga perlu dimodifikasi untuk meningkatkan karakteristik elektrik dan diberikan dopan pembantu *sintering* guna menurunkan baik waktu maupun temperatur *sintering*nya.

Dalam percobaan ini, keramik barium titanat sistem $\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$ (BZCT) didoping oleh pembantu *sintering* CuO dengan variasi x % mol ($x = 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 2.0$) lalu di *sintering* dengan variasi temperatur *sintering* 1150°C , 1200°C , 1250°C . Serbuk BCTZ yang telah ditimbang, di kalsinasi pada temperatur 1200°C lalu digerus dengan penambahan % mol CuO dan PVA, lalu dikompaksi dengan gaya 40 kN. Setelah pengukuran dimensi dan berat, sampel di *sintering* dengan variasi temperatur lalu didinginkan didalam tanur. Sampel kemudian diukur penyusutannya lalu dilapisi pasta perak dan di *sintering* pada temperatur 600°C guna dilakukan pengujian dielektrik dengan menggunakan LCR meter.

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian. Nilai nQ yang menurun dari 653 kcal menjadi 82.82 kcal karena pengaruh dopan mampu menurunkan temperatur *sintering* hingga sebesar 250°C dengan penambahan dopan sebesar 0.4% mol. Persen penyusutan diameter tertinggi sebesar 11.81% (1200°C , 2% mol) dan 10.63% (1250°C , 1.2% mol), penyusutan tebal tertinggi sebesar 14.02% (1150°C , 1.2% mol), 22.25% (1200°C , 2% mol) dan (1250°C , 1.2% mol). konstanta dielektrik sampel memiliki besaran 3300-4900.

Kata kunci : Barium Titanat, Keramik BCTZ, Dopan CuO, Keramik dielektrik

ABSTRACT

Barium titanate ceramic was the first ferroelectric ceramic that have been found. Whit versatile electrical properties, barium titanate ceramic being a good candidate for wid range application such as dielectric and piezoelectric ceramic. But the high sintering temperature when barium titanat ceramic produce, it become a main problem for barium titanate ceramic. Cause it will be limited it application. So barium titanat ceramic must be modified and give a sintering aid for reduce sintering time and temperature when processing the ceramic.

In this experiment , $\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Zr}_{0.10}\text{Ti}_{0.90}\text{O}_3$ (BZCT) system ceramic have fabricated through solid-state reaction doped with sintering aid, CuO. CuO was given to system with x %mol variation (x = 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 2) and sintered with temperatur variant, 1150 °C, 1200 °C and 1250 °C. BCTZ powder calcine at 1200 °C and milled with dopant, after that sample compacted with 40 KN force into disk shaped. After measurement of sampel's dimation, the sample then sintered for 4 hours. After cooling time was passed, sample's dimation measured and then prepared for XRD and Dielectric testing.

The experimental results showed that sintering temperature decreased with increasing of dopant addition. nQ value was decreased from 653 Kcal to 82.82 Kcal and sintering temperature can be lowered down to 250 °C with 0.4%mol CuO addition. The highest diameter shrinkage percentage are 11.81% (1200 °C, 2%mol) and 10.63% (1250 °C, 1.2%mol), the highest thickness shrinkage percentage are 14.02% (1150 °C, 1.2%mol), 22.25% (1200 °C, 2%mol) and (1250 °C, 1.2%mol). Dielectric constant pf samples between range of 3300-4900.

KEYWORDS: Barium Titanate, BCTZ ceramic, CuO dopant, dielectric ceramic.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan berkat lindungan dan karunia-Nyalah akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul “STUDI PENGARUH PENAMBAHAN DOPAN PEMBANTU SINTERING CuO DAN VARIASI TEMPERATUR SINTERING TERHADAP PENYUSUTAN, SIFAT MEKANIK DAN SIFAT ELEKTRIK PADA KERAMIK BARIUM TITANAT SISTEM BZCT ($Ba_{0.85}Ca_{0.15}Zr_{0.10}Ti_{0.90}O_3$)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Dengan terselesaikannya penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada :

1. Bapak dan Ibu yang telah memberikan bantuan biaya, bimbingan hidup, doa, doa dan doa kepada penulis.
2. Dr.Eng-Akhmad A. Korda. ST., MT., sebagai Ketua Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi dan Material, ITSB yang telah menyetujui penulis melakukan studi dan penelitian di program studi tersebut.
3. Prof. Dr. Ir. Syoni Soepriyanto, M.Sc, sebagai dosen pembimbing penulis, yang telah memberikan banyak ilmu, petunjuk, dan bimbingan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
4. Ir. Dani Gustaman, M.Eng.,yang telah memberikan banyak petunjuk kepada penulis dalam melakukan penelitian dan membantu memfasilitasi keperluan penelitian di BATAN.
5. Seluruh staf dosen pengajar Program Studi Teknik Metalurgi dan Material ITSB yang telah mengajarkan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Pak Fajar Firdaus, yang telah membantu saat penulis mempersiapkan penelitian di Laboratorium Metalurgi Fisik dan Keramik.

7. Seluruh staf dan karyawan Program Studi Teknik Metalurgi dan Material atas semua bantuan yang telah diberikan.
8. Sisca Yuliana yang telah banyak memberikan bantuan baik dukungan moril dan tenaga menemani penulis saat melakukan tugas akhir maupun membantu keberjalanan tugas akhir.
9. Rekan-rekan S1; Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi ITSB yaitu Rahman “Bule”, Asep “Ucup”, Tri “Pak Tua”, Daken “Lebor”, Nisa, Okta, Ami dan banyak lagi yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini terdapat kekurangan. Maka penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan ilmu dan berkah yang bermanfaat baik untuk penulis ataupun semua pihak yang memerlukan dan membacanya.

Bandung, September 2015

Wahyu Lagang Nirbito

*To be born good or
overcome your evil nature through great effort.*

Which one is better ?

Paarthunax – The Elder Scrolls V : Skyrim

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Laporan Penelitian	6
BAB II. TEORI DASAR	7
2.1 Barium Titanat	7
2.1.1 Struktur Barium Titanat.....	7
2.1.2 Transisi Struktur Kristal Barium Titanat	8
2.1.3 Metode Sintesis Barium Titanat	9
2.1.3.1 Reaksi <i>Solid State</i>	9
2.1.4 Modifikasi Barium Titanat	9
2.1.5 Fabrikasi Keramik Barium Titanat	11
2.1.5.1 Formulasi Awal	11
2.1.5.2 Pembentukan / Forming.....	12
2.1.5.3 Kalsinasi	13

	2.1.5.4 Sintering.....	14
	2.1.5.5 Pengukuran	16
2.2	Karakteristik Dielektrik	16
	2.2.1 Kapasitansi.....	17
	2.2.2 Ferroelektrisitas	21
2.3	<i>Liquid Phase Sintering</i>	23
	2.3.1 Penyusunan (<i>Rearrangement</i>)	23
	2.3.2 Densifikasi	25
	2.3.3 Pengisian Pori dan Pengasaran Butiran	26
BAB III. PROSEDUR PERCOBAAN DAN HASIL PERCOBAAN		28
3.1	Bahan dan Peralatan	28
3.2	Prosedur Percobaan	29
	3.2.1 Preparasi Serbuk dan Kompaksi.....	30
	3.2.2 Tahapan Kalsinasi dan Sintering	31
3.3	Analisis Sampel	33
	3.3.1 Penyusutan dan Densifikasi.....	33
	3.3.2 Analisis Energi Aktifasi Efektif	33
	3.3.3 Pengukuran dielektrik.....	33
	3.3.4. Pengujian XRD.....	34
3.4	Hasil Percobaan	34
	3.4.1 Hasil Pengukuran Penyusutan dan Densifikasi	34
	3.4.2 Hasil Pengukuran Dielektrik	34
	3.4.3. Hasil Pengujian XRD	36
BAB IV. PEMBAHASAN		37
4.1	Penyusutan Diameter Tinggi dan Volume.....	37
	4.1.1 Pengaruh % mol Cuo Terhadap Penyusutan	38
	4.1.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Penyusutan	40
4.2	Energi Aktifasi <i>Sintering</i>	42
	4.2.1 Pengaruh Temperatur dan %mol Terhadap	

	Densifikasi	44
4.3	Pengaruh Dopan terhadap Fasa dan Struktur Kristal.....	46
4.4	Pengaruh Penambahan Dopan Terhadap Karakteristik Dielektrik	48
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram Alir Metodologi Penelitian	5
Gambar 2.1.	Struktur Kristal Perovskite Barium Titanat	6
Gambar 2.2.	Unit Sel Struktur Kristal BaTiO ₃	8
Gambar 2.3.	Perubahan Bentuk Butiran dan Pori-Pori dalam Proses <i>Sintering</i>	15
Gambar 2.4.	Bentuk Akhir Butiran saat Proses <i>Sintering</i> telah selesai. Bentuk Butiran ini disebut Tetra-Kai-Dekahedron.	16
Gambar 2.5.	Skematik Kapasitor.....	18
Gambar 2.6.	Momen Dipol (a) Polar, (b) Non Polar dan (c) Polar Terinduksi	20
Gambar 2.7.	Arah Momen Dipol.....	20
Gambar 2.8.	Pengaruh Temperatur Terhadap Konstanta Dielektrik.....	22
Gambar 2.9.	Skematik Penyusunan Ulang Akibat Fasa Likuid	24
Gambar 2.10.	Skematik Penyusunan Ulang Akibat Fasa Likuid	25
Gambar 2.11.	Skema Fasa Likuid Tertahan	26
Gambar 3.1.	Program kalsinasi pada temperatur 1200 °C	32
Gambar 3.2.	Program <i>sintering</i> pada temperatur 1250 °C	32
Gambar 4.1.	Pengaruh % Mol Dopan CuO terhadap Penyusutan Diameter ..	38
Gambar 4.2.	Pengaruh % Mol Dopan CuO terhadap Penyusutan Tebal.....	38
Gambar 4.3.	Pengaruh % Mol Dopan CuO terhadap Penyusutan Volume....	39
Gambar 4.4.	Pengaruh Temperatur <i>Sintering</i> terhadap Penyusutan Diameter	40
Gambar 4.5.	Pengaruh Temperatur <i>Sintering</i> terhadap Penyusutan Tebal ...	41
Gambar 4.6.	Pengaruh Temperatur <i>Sintering</i> terhadap Penyusutan Volume	42
Gambar 4.7.	Plot Grafik Ln($\Delta L/L_0 T$) vs 1/T.....	43
Gambar 4.8.	Gambar 4.8a. Pengaruh % Mol Dopan CuO Terhadap Densifikasi	45

Gambar 4.9.	Pengaruh Temperatur <i>Sintering</i> Terhadap Densifikasi	45
Gambar 4.10.	(a), (b) dan (c) Pola difraksi dari masing-masing penambahan % mol Dopan.....	46-47
Gambar 4.11.	Variasi Nilai ϵ_r pada keramik Barium Titanat sistem $Ba_{0.85}Ca_{0.15}Zr_{0.1}Ti_{0.9}O_3$ dengan Variasi Temperatur Pengujian dan Penambahan Dopan Pembantu Sintering ZnO. (Zhihao Zao, 2015)	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Konstanta Dielektrik pada Beberapa Material.....	19
Tabel 2.	Persen Penambahan Dopan CuO pada Keramik BCTZ	30
Tabel 3.	Data Perubahan Massa, Diameter, Tebal, Volume dan Densifikasi.....	35
Tabel 4.	Data Nilai Kapasitansi dalam 1KHz dan 120 Hz	35
Tabel 5.	Data Nilai $-M$, nQ dan Q Serta Nilai Konversi Satuan Celcius – Kcal.....	44
Tabel 6.	Nilai Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik pada Frekuensi 1 khz Dan 120 Hz.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.	Diagram Alir Prosedur.....	L-1
LAMPIRAN B.	Diagram Fasa BaTiO ₃	L-2
LAMPIRAN C.	Perhitungan Komposisi Sampel dan Densitas Teoritis.....	L-3
LAMPIRAN D.	Tabel Pengukuran Dimensi Hasil Percobaan	L-8
LAMPIRAN E.	Foto Alat dan Sampel	L-9
LAMPIRAN F.	Grafik Difraksi Sampel Keramik Hasil Pengujian XRD....	L-11