

**PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM  
TITANAT (BaTiO<sub>3</sub>) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT  
LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION***



**Disusun oleh :**

**Fildzah Khairina Nisa**

**M0211030**

**SKRIPSI**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**Januari, 2016**

**PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM  
TITANAT (BaTiO<sub>3</sub>) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT  
LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION***



**Disusun oleh :**

**Fildzah Khairina Nisa**

**M0211030**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Sains**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**Januari, 2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM  
TITANAT (BaTiO<sub>3</sub>) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT  
LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION***

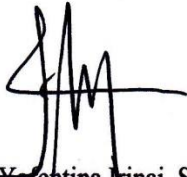
**Oleh :**

**Fildzah Khairina Nisa**

**M0211030**

**Telah Disetujui Oleh :**

**Pembimbing 1**



**Dr. Yolentina Irinai, S.Si, M.Si**  
**NIP. 19711227 199702 2 001**

**Tanggal**

**30-12-2015**

**Pembimbing 2**



**Anif Jamaluddin, S.Si, M.Si**  
**NIP. 19800613 201012 1 002**

**Tanggal**

**: 31 - 12 - 2015**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul : PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM TITANAT ( $BaTiO_3$ ) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION*

Yang ditulis oleh :

Nama : Fildzah Khairina Nisa

NIM : M0211030

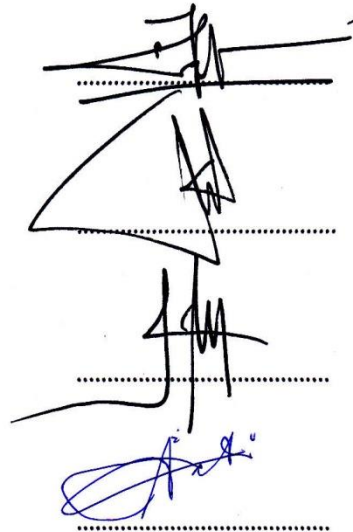
Telah diuji di depan Dewan Penguji pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 13 Januari 2016

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji  
Dr. Agus Supriyanto, S.Si, M.Si  
NIP. 19690826 199903 1 001
2. Sekretaris Penguji  
Mohtar Yudianto, S.Si, M.Si  
NIP. 19800630 200501 1 001
3. Anggota Penguji 1  
Dr. Yofentina Iriani, S.Si, M.Si  
NIP. 19711227 199702 2 001
4. Anggota Penguji 2  
Anif Jamaluddin, S.Si, M.Si  
NIP. 19800613 201012 1 002



Disahkan pada tanggal 25-01-2016  
Oleh

Kepala Program Studi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Fahru Nurosyid, S.Si, M.Si  
NIP. 19721013 2000031 002

## PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa isi intelektual dari Sripsi saya dengan judul “PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM TITANAT (BaTiO<sub>3</sub>) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION*” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya, kecuali telah dituliskan di daftar pustaka. Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis dibagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau difotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, Januari 2016

Fildzah Khairina Nisa

## **MOTTO**

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kau dustakan ?

(Q.S. Ar-Rahman)

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap.

(Q.S. Al-Insyirah ayat 5-8)

## **PERSEMBAHAN**

*Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.*

Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Papah dan Mamah tercinta
2. Adik saya satu-satunya dan Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan
3. Bapak Darsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik
4. Ibu Dr.Yofentina Irinani, M.Si selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi
5. Bapak Anif Jamaluddin, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi
6. Seluruh sahabat-sahabat saya
7. Material Reaserch Group
8. Keluarga Fisika 2011
9. Para pembaca sekalian

## ABSTRAK

Barium Zirkonium Titanat ( $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ ) dengan variasi persen mol dopan Zirkonium (x) dengan  $x=1\%$ ;  $x=2\%$ ;  $x=3\%$ ;  $x=4\%$ ; dan  $x=5\%$  telah difabrikasi menggunakan metode *Solid State Reaction*. Sampel disintering pada suhu  $1200^\circ$  dengan waktu tahan selama 2 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, SEM, rangkaian *Sawyer Tower*, dan RLC meter untuk mengetahui pengaruh *doping* Zr pada  $\text{BaTiO}_3$  terhadap struktur mikro dan sifat listrik  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ . Analisis XRD menunjukkan bahwa *doping* Zr terhadap  $\text{BaTiO}_3$  dengan persen mol dopan 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5% tidak menyebabkan pergeseran puncak difraksi ke sudut yang lebih kecil. Hasil SEM menunjukkan bahwa penambahan Zr pada struktur  $\text{BaTiO}_3$  akan menghambat pertumbuhan butir dari  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ . Hasil pengukuran menggunakan rangkaian *Sawyer Tower* menunjukkan bahwa *doping* Zr terhadap  $\text{BaTiO}_3$  dengan persen mol dopan 1%; 2%; 3%; 4%; dan 5% merupakan material feroelektrik. Pengukuran menggunakan RLC meter menunjukkan bahwa konstanta dielektrik berbanding lurus dengan ukuran butir  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ .

**Kata kunci** :  $\text{BaTiO}_3$ , *Doping*, *Solid state reaction*, Konstanta dielektrik



## ABSTRACT

Barium Zirconium Titanate ( $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ ) with percent mole variations of zirconium (x) dopant at  $x=1\%$ ;  $x=2\%$ ;  $x=3\%$ ;  $x=4\%$ ; and  $x=5\%$  has been fabricated by *Solid State Reaction* method. Sintering temperature was done at temperature  $1200^\circ\text{C}$  with holding time for 2h. Sample was characterized with XRD, SEM, Sawyer Tower circuit, dan RLC meter to determine the effects of doping Zr on the micro structures and electrical properties of  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ . The XRD analysis revealed that  $\text{BaTiO}_3$  doped Zr with percent mol dopant of Zr 1%; 2%; 3%; 4%; and 5% cannot cause the diffraction peaks shift towards the lower angle. The result of SEM showed that an addition of Zr on structure  $\text{BaTiO}_3$  can inhibit the grain growth of  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ . Characterization using Sawyer Tower circuit confirm that  $\text{BaTiO}_3$  doped Zr with percent mole of 1%; 2%; 3%; 4%; and 5% are ferroelectric materials. RLC meter measurement obtained the dielectric constant are directly propotional with the grain size of  $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ .

**Keyword** :  $\text{BaTiO}_3$ , Doping, Solid state reaction, Dielectric constant

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat yang sangat luar biasa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA  $\text{BaTiO}_3$  TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION*”. Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak secara sadar ataupun tidak sadar karena setiap langkah yang penulis lalui selama ini merupakan suatu pelajaran yang sangat berharga.

Oleh sebab itu, penulis dengan sangat tulus mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak – pihak yang telah berbesar hati dalam membantu penulis selama proses penyusunan Skripsi ini. Rasa terima kasih ini penulis ucapkan kepada :

1. Papah Irlan dan Mamih Har, yang telah mendoakan serta mendukung saya selama ini hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Muhammad Irvan Al-Hafizh selaku adik tercinta serta Keluarga Besar, atas doa dan dukungannya selama ini.
3. Ibu Dr.Yofentina Iriani, M.Si selaku dosen Pembimbing 1 yang baik hati, terimakasih telah membimbing saya dengan sabar dan senantiasa memberikan masukan positif untuk saya.
4. Bapak Darsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya sejak awal masuk kuliah hingga saat ini.
5. Bapak Anif Jamaluddin, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing saya sejak awal persiapan hingga skripsi ini selesai.
6. Sahabat-sahabat saya tersayang, atas segala motivasinya selama ini.
7. Material Reaserch Group, atas segala canda tawa dan bantuan selama ini.
8. Teman-teman Fisika 2011.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah membalas amal baik kalian semua yang telah membantu saya selama ini. Penulis menyadari bahwa Skripsi ini sangat terbatas adanya dan masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, penulis sangat membuka diri untuk menerima saran dan kritikan yang membangun penulis sehingga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang lebih baik lagi kedepannya bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Surakarta, Januari 2016

Fildzah Khairina Nisa

## HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian isi skripsi saya yang berjudul “PENGARUH VARIASI DOPING ZIRKONIUM (Zr) PADA BARIUM TITANAT ( $\text{BaTiO}_3$ ) TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *SOLID STATE REACTION*” telah dipublikasikan pada Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA) Vol. 12 No. 1, Edisi Januari 2016.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	vii
<b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>HALAMAN PUBLIKASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvii
<b>DAFTARLAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bahan Dielektrik .....	5
2.2 Material Feroelektrik .....	6
2.3 Barium Zirkonium Titanat ( $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ ) .....	10
2.4 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	13
2.5 <i>Scanning Elecron Microscopy</i> (SEM) .....	14

2.6 Sawyer Tower .....	15
2.7 RLC meter .....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	21
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	21
3.3.2 Penimbangan Bahan Utama Pembentuk $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	22
3.3.3 Pembuatan $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	23
3.3.4 Pengepresan $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	23
3.3.5 Proses Sintering .....	23
3.3.6 Karakterisasi $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	24
3.3.7 Analisa Data Pengujian .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Struktur Kristal $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	28
4.2 Morfologi $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	36
4.3 Konstanta Dielektrik $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	40
4.4 Karakterisasi Sifat Feroelektrik $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	42
<b>BAB 5. PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jari-jari ion yang dapat digunakan sebagai <i>soft</i> dopan dan <i>hard</i> dopan .....	11
Tabel 4.1	Orientasi bidang kristal dan sudut difraksi dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan persen mol dopan x = 1%, x = 2%, x = 3%, x = 4%, dan x = 5% .....	31
Tabel 4.2	Intensitas tertinggi dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan pada orientasi bidang (1 0 1) .....	32
Tabel 4.3	Nilai <i>Chi-square</i> ( $\chi^2$ ) BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	33
Tabel 4.4	Parameter kisi dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	34
Tabel 4.5	Tetragonalitas dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	35
Tabel 4.6	Ukuran kristal dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	35
Tabel 4.7	Kristalinitas dari BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengann variasi persen mol dopan .....	36
Tabel 4.8	Range ukuran butir BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	39
Tabel 4.9	Range ukuran pori BaTiO <sub>3</sub> dan BaZr <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>3</sub> dengan variasi persen mol dopan .....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses yang terjadi pada kapasitor saat dikenai medan listrik luar .....	5
Gambar 2.2	Struktur Perovskite $ABO_3$ .....	7
Gambar 2.3	Kurva histerisis material feroelektrik .....	8
Gambar 2.4	Perubahan kristalografi $BaTiO_3$ sebagai akibat dari perubahan temperatur .....	9
Gambar 2.5	Spektrum X-Ray dari $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ yang disintering sampai suhu $1300^\circ$ selama 1 jam .....	12
Gambar 2.6	Difraksi Bragg .....	13
Gambar 2.7	Rangkaian Sawyer Tower .....	16
Gambar 2.8	Skema rangkaian RLC .....	16
Gambar 3.1	Bahan-bahan pembentuk $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	19
Gambar 3.2	Timbangan <i>digital</i> , <i>Spatula</i> , <i>Mortar</i> dan alat gerusnya .....	20
Gambar 3.3	Alat <i>press</i> hidrolik dan Cetakan sampel .....	20
Gambar 3.4	<i>Furnace</i> dan <i>Crucible</i> .....	20
Gambar 3.5	Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.6	Bentuk <i>bulk</i> dari sampel $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ .....	23
Gambar 3.7	Proses sintering .....	24
Gambar 3.8	Pengukuran nilai kapasitansi menggunakan Instrumen RLC meter .....	25
Gambar 3.9	Pengujian kurva histerisis menggunakan rangkaian Sawyer Tower .....	26
Gambar 4.1	Pola difraksi $BaTiO_3$ dan $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ dengan variasi persen mol dopan Zr .....	29
Gambar 4.2	Intensitas $BaTiO_3$ dan $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ dengan variasi persen mol dopan .....	30
Gambar 4.3	Hasil <i>refinement</i> $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ dengan persen mol dopan $x = 1\%$ .....	33



Gambar 4.4 Hasil SEM $\text{BaTiO}_3$ dan $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan variasi persen mol dopan Zr pada suhu sintering $1200^\circ$ .....	37
Gambar 4.5 Sebaran butiran dalam satu sampel dan pengukuran diameter .....	38
Gambar 4.6 Grafik konstanta dielektrik dari $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan persen mol dopan $x = 1\%$ terhadap perubahan frekuensi.....	40
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara konstanta dielektrik dari $\text{BaTiO}_3$ dan $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan variasi jumlah mol dopan Zr terhadap persen mol dopan .....	41
Gambar 4.8 Respon polarisasi terhadap perubahan medan listrik pada $\text{BaTiO}_3$ dan $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan variasi persen mol dopan Zr .....	43

## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$P$	Polarisasi	Coulomb.m <sup>-2</sup>
$P_s$	Polarisasi spontan	Coulomb.m <sup>-2</sup>
$P_r$	Polarisasi remanen	Coulomb.m <sup>-2</sup>
$E_c$	Medan koersif	Volt.m <sup>-1</sup>
$\vec{p}$	Momen dipol listrik	Coulomb.m
$q$	Muatan listrik	Coulomb
$\vec{r}$	Jarak antar pusat muatan	M
$T_c$	Suhu curie	°C
$K$	Konstanta dielektrik	-
$C$	Kapasitansi	Farad
$\epsilon_0$	Permitivitas ruang hampa	(8,85x10 <sup>-12</sup> ) Farad.m <sup>-1</sup>
$A$	Luas permukaan kapasitor	m <sup>2</sup>
$D$	Jarak antar bidang kristal	Å
$D$	Jarak antar plat kapasitor tebal bahan dielektrik	M
$a, b, c$	Parameter kisi	Å
$h, k, l$	Indeks Miller	-
$N$	Bilangan bulat (1, 2, 3, ...)	-
$\lambda$	Panjang gelombang sinar-X	Å
$\theta$	Sudut difraksi	O
$B$	FWHM	Radian
$K$	Konstanta Scherer	-
$D$	Ukuran kristal	Nm
$\Delta$	Faktor dissipasi	-
$\chi^2$	Chi Square	-

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Database</i> ICDD .....	51
Lampiran 2	Hasil <i>Refinement</i> menggunakan <i>software</i> GSAS .....	52
Lampiran 3	Data pengukuran Konstanta Dielektrik .....	57
Lampiran 4	Pengukuran ukuran butir dan ukuran pori .....	60