

## KARAKTERISASI DAN PEMBUATAN KAPASITOR $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$ MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL

Rahmi Dewi<sup>1</sup>, Pipit Rahayu P<sup>2</sup>, Krisman<sup>3</sup>

*Program Studi S1 Fisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Riau Kampus Bina Widya*

*Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia*

[drahmi2002@yahoo.com](mailto:drahmi2002@yahoo.com)

[Pipitrahayu68@yahoo.com](mailto:Pipitrahayu68@yahoo.com)

### ABSTRACT

A thin film of material Barium Strontium Titanate (BST) with compositions of  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  made using sol-gel method and annealing at temperatures 600°C and 650°C to obtain crystalline structure. The thin film of BST was characterized by using *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM) and impedance spectroscopy. The results of characterization using FESEM obtained the thickness of thin film  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  at a temperature 600°C and 650°C are 69.22 nm dan 73.69 nm. The value mass composition of Ba:Sr:Ti obtained from the characterization EDX at temperatures 600°C is 0.3:1.7:3.8 and at temperatures 650°C is 0.1:0.3:0.8. The result of impedance spectroscopy obtained a frequency, real impedance ( $Z'$ ) and imaginary impedance ( $Z''$ ). The result of impedance also obtained information that the greater frequency, the smaller complex capacitance and dielectric constant and vice versa. In general the greater annealing temperature, complex capacitance and the dielectric constant will be greater too. At the frequency 100 Hz with temperature 600°C and 650°C, the capacitance value are  $1.457 \times 10^{-5}$  F,  $1.476 \times 10^{-5}$  F. At the frequency 100 Hz with temperature 600°C and 650°C, the dielectric constant value are 670 dan 723.

Keywords :  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$ , sol-gel method, FESEM, impedance spectroscopy

### ABSTRAK

Film tipis dari bahan Barium Strontium Titanat (BST) dengan komposisi  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  dibuat dengan menggunakan metode sol-gel dan di *annealing* pada temperatur 600°C dan 650°C untuk mendapatkan struktur kristalin. Film tipis BST tersebut dikarakterisasi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM) dan spektroskopi impedansi. Hasil karakterisasi menggunakan FESEM pada temperatur 600°C dan 650°C diperoleh ketebalan yaitu 69,22 nm dan 73,69 nm. Nilai komposisi massa Ba:Sr:Ti yang didapatkan dari hasil karakterisasi EDX pada suhu 600°C adalah 0,3:1,7:3,8 dan pada suhu 650°C yaitu 0,1:0,3:0,8. Hasil karakterisasi menggunakan spektroskopi impedansi diperoleh nilai frekuensi, impedansi real ( $Z'$ ) dan impedansi imajiner ( $Z''$ ). Dari hasil impedansi juga diperoleh informasi bahwa semakin besar frekuensi maka semakin kecil kapasitansi kompleks dan konstanta dielektrik, begitu juga sebaliknya. Secara umum semakin besar suhu *annealing* maka nilai kapasitansi dan konstanta dielektriknya akan semakin besar. Pada frekuensi 100 Hz dengan suhu 600°C dan 650°C, nilai kapasitansinya adalah  $1,457 \times 10^{-5}$  F,  $1,476 \times 10^{-5}$  F. Nilai konstanta dielektrik untuk suhu 100 Hz pada suhu 600°C dan 650°C adalah 670 dan 723..

Kata Kunci:  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$ , metode sol-gel, FESEM, spektroskopi impedansi

## PENDAHULUAN

Bidang elektronik memiliki peranan penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Peneliti banyak melakukan penelitian dan pembuatan alat-alat serta komponen-komponen elektronika yang diharapkan akan memiliki sifat dan karakteristik tertentu. Penelitian yang menarik untuk dikembangkan adalah penelitian tentang bahan ferroelektrik.

Film tipis BST merupakan material ferroelektrik. Ferroelektrik BST telah banyak diteliti sebagai bahan potensial untuk perangkat mikroelektronik. Konstanta dielektrik yang tinggi, kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi, serta memiliki stabilitas suhu yang baik, menyebabkan film tipis BST sangat sesuai sebagai bahan pembuat kapasitor.

Kapasitor merupakan komponen listrik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik, kapasitor ini terdiri dari dua plat konduktor yang ditempatkan berdekatan tapi tidak bersentuhan. Kemampuan dari dua sistem plat pada kapasitor untuk menyimpan muatan dinyatakan sebagai kapasitansi listrik. Nilai kapasitansi listrik suatu kapasitor bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua plat konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang dikenal dengan dielektrik. Bahan ini merupakan bahan non konduktor yang

tidak memiliki elektron-elektron bebas sehingga tidak dapat mengalirkan listrik.

Kapasitor yang baik adalah kapasitor yang berkapasitas besar, tetapi berdimensi kecil. Terkait dengan hal itu, maka untuk mendapatkan kapasitansi yang besar jarak antar pelat harus setipis mungkin. Film tipis BST yang terbuat dari larutan menjadi salah satu alternatif untuk memperkecil jarak antar pelat.

Penelitian ini merupakan studi pembuatan film tipis kapasitor BST dari campuran Barium Karbonat, Strontium Karbonat, dan Titanium Isopropoksida dengan perbandingan rasio Ba dan Sr yaitu 0,3 dan 0,7 menjadi Barium Strontium Titanat ( $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$ ) yang perlakuannya dibuat dengan metode *sol-gel* atau dikenal dengan *chemical solution deposition* (CSD), dari metode ini kemudian akan dilanjutkan dengan proses *spin coating* dan *annealing* pada temperatur tetap  $600^\circ C$  dan  $650^\circ C$ .

Perbedaan suhu dengan komposisi yang sama akan dikarakterisasi dengan FESEM (*Field Emission Scanning Electron Microscopy*) untuk mendapatkan ketebalan dari sampel, dan spektroskopi impedansi untuk mendapatkan nilai impedansi, kapasitansi kompleks dan konstanta dielektrik.

Nilai impedansi kompleks dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Z^* = [(Z')^2 + (Z'')^2]^{1/2}$$

dimana  $Z^*$  adalah kapasitansi kompleks,  
 $Z'$  adalah kapasitansi real dan  
 $Z''$  adalah kapasitansi imajiner.

Nilai kapasitansi kompleks dihitung menggunakan persamaan:

$$C^* = \frac{1}{\omega \cdot Z^*} = \frac{1}{2\pi f \cdot Z^*}$$

$C^*$  adalah kapasitansi kompleks,  
 $f$  adalah frekuensi.

Nilai konstanta dielektrik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$k' = \frac{C^* \cdot d}{\epsilon_0 \cdot A}$$

$k'$  adalah konstanta dielektrik,  
 $d$  adalah ketebalan dari film tipis  
 $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$ , dan  
 $A$  adalah luas substrat kaca yang  
ditetesi BST.

## METODE PENELITIAN

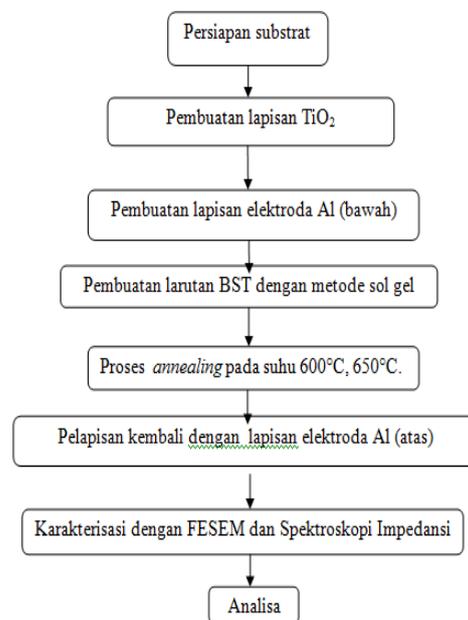
### 1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa timbangan digital, *hot plate*, bola magnetik, *spin coating*, *furnace*, *Field Emission Scanning Microscopy* (FESEM), dan spektroskopi impedansi, larutan *asetil acid*, larutan asetil aseton, larutan HCl, bubuk Barium Karbonat, bubuk Strontium Karbonat, larutan Titanium Isopropoksida, bubuk Aluminium dan substrat kaca.

### 2. Skema Penelitian

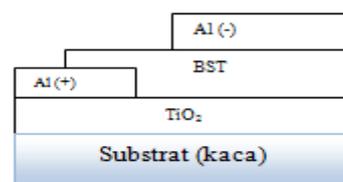
Pembuatan film tipis BST menggunakan metode sol-gel yang ditempatkan di atas substrat kaca dengan menggunakan *spin coating* pada kecepatan

putar 3500 rpm selama 2 x 30 detik untuk meratakan setiap lapisan dan *diannealing* pada temperatur 600°C dan 650°C selama 1 jam untuk mendapatkan struktur kristalnya. Sampel di karakterisasi menggunakan alat karakterisasi FESEM untuk mendapatkan ketebalannya dan menggunakan alat karakterisasi spektroskopi impedansi untuk mendapatkan nilai impedansi, sehingga dapat dihitung berapa nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektriknya.



Gambar 1. Skema penelitian

Gambar 1 merupakan skema pembuatan film tipis BST yang dibuat dengan struktur *device* seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Struktur kapasitor BST

Gambar 2 menunjukkan struktur kapasitor BST dimana Aluminium pada lapisan pertama digunakan sebagai konduktornya.

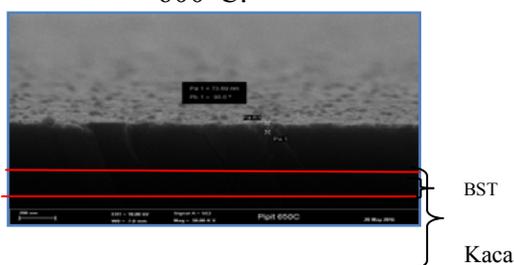
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi FESEM

Data dalam penelitian ini menampilkan hasil foto FESEM yang menunjukkan ketebalan sampel, dan data hasil spektroskopi impedansi berupa *Plot Nyquits* yang menyatakan analisis dari impedansi real dan impedansi imajiner, serta *Bode Plot* yang menyatakan hubungan frekuensi dengan nilai kapasitansi dan hubungan frekuensi dengan nilai konstanta dielektrik.



Gambar 3. Ketebalan dari lapisan film tipis  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  pada suhu  $600^\circ C$ .



Gambar 4. Ketebalan dari lapisan film tipis  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  pada suhu  $650^\circ C$ .

Gambar 3, memperlihatkan ukuran ketebalan dari film tipis BST yang

diannealing pada suhu  $600^\circ C$  yaitu  $69,22$  nm, sampel ini ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan komposisi massa Barium Karbonat  $0,21$  gram dan Strontium Karbonat  $0,36$  gram.

Gambar 4, memperlihatkan ukuran ketebalan dari film tipis BST yang diannealing pada suhu  $650^\circ C$  yaitu  $73,69$  nm, sampel ini ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan komposisi massa Barium Karbonat  $0,21$  gram dan Strontium Karbonat  $0,36$  gram.

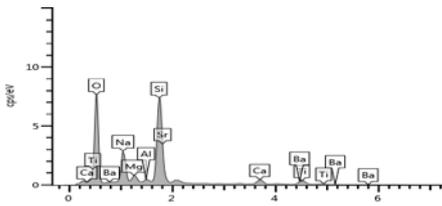
Peningkatan suhu annealing menyebabkan ukuran ketebalan lapisan BST semakin besar. Peningkatan suhu annealing menyebabkan ukuran partikel penyusun BST semakin besar sehingga atom-atom didalamnya lebih teratur dan padat sehingga ketebalannya semakin bertambah.

### Karakterisasi EDX

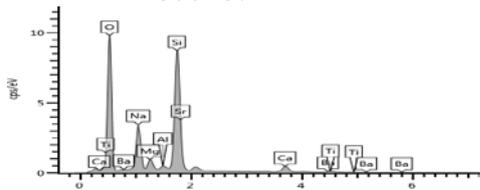
EDX merupakan bagian dari FESEM yang berfungsi sebagai analisa kandungan unsur yang terdapat dalam substrat kaca. Saat mengkarakterisasi FESEM juga terdapat karakterisasi EDX yang memiliki fungsi berbeda namun bekerja secara bersamaan. Hasil karakterisasi EDX pada kapasitor  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  dapat dilihat pada gambar dibawah.

Gambar 5 dan 6 merupakan gambar yang didapat dari hasil karakterisasi EDX (*Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy*).

**Kapasitansi Kompleks**



Gambar 5. Komposisi massafilm tipis  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  pada suhu  $600^{\circ}C$ .



Gambar 6. Komposisi massa film tipis  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  pada suhu  $650^{\circ}C$ .

Dapat dilihat dari Gambar bahwa unsur O merupakan unsur yang paling besar komposisi massanya, ini mungkin disebabkan karena pada saat preparasi sampel banyak unsur O yang masuk ke dalam sampel.

Tabel 1. Komposisi bahan yang terdapat pada kapasitor  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  di atas substrat kaca yang diannealing pada suhu  $600^{\circ}C$ .

Unsur	Berat %	Atomik %
O	40,9	57,5
Si	29,1	23,5
Na	8,7	8,6
Ca	5,1	2,9
Mg	4,4	1,1
Ti	7,9	3,8
Sr	1,8	1,7
Ba	1,7	0,3
Al	0,5	0,6

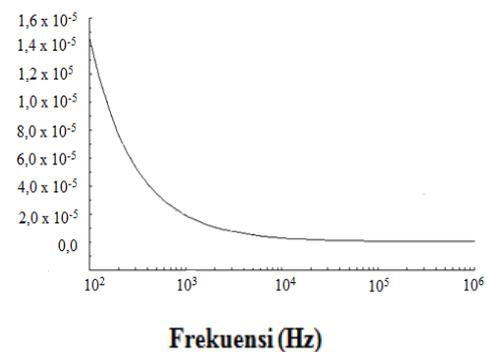
Tabel 2. Komposisi bahan yang terdapat pada kapasitor  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  di atas substrat kaca yang di annealing pada suhu  $650^{\circ}C$ .

Unsur	Berat %	Atomik %
O	44,1	58,5
Si	34,0	25,7
Na	10,0	9,3
Ca	5,1	2,7
Mg	2,5	2,2
Ti	1,7	0,8
Sr	1,4	0,3
Ba	2,5	0,1
Al	0,7	0,5

Tabel 1 dan 2 merupakan tabel komposisi kimia kapasitor  $Ba_{0,3}Sr_{0,7}TiO_3$  yang di annealing pada suhu  $600^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$ . Komposisi kimia Ba: Sr: Ti pada suhu  $600^{\circ}C$  yaitu 0,3:1,7:3,8, dan pada suhu  $650^{\circ}C$  yaitu 0,1:0,3:0,8. Ini mungkin dikarekanan terjadi penguapan pada saat *spin coating* dan *annealing*.

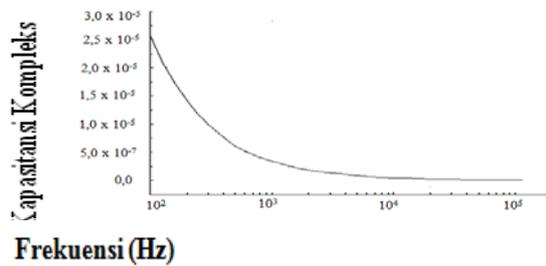
**Spektroskopi Impedansi**

Spektroskopi impedansi memberikan pengukuran listrik yang relative sederhana secara otomatis dan hasilnya sering kali dihubungkan dengan banyak variable-variabel material yang kompleks, diantaranya adalah sifat elektrik.



Gambar 7. Hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi kompleks pada suhu  $600^{\circ}C$ .

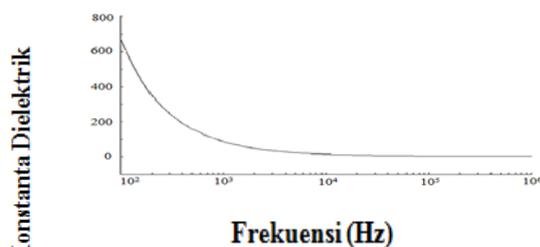
Gambar 7 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi berbanding terbalik, nilai kapasitansi pada frekuensi terendah adalah  $1,45 \times 10^{-5} \text{F}$ .



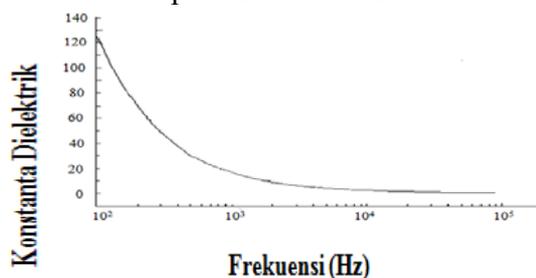
Gambar 8. Hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi kompleks pada suhu  $650^\circ\text{C}$ .

Gambar 8 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai kapasitansi berbanding terbalik, nilai kapasitansi pada frekuensi terendah adalah  $1,47596 \times 10^{-5} \text{F}$ .

Frekuensi terendah dari nilai kapasitansi BST dengan suhu *annealing* yang berbeda memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan frekuensi yang lainnya.



Gambar 9. Hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik pada suhu  $600^\circ\text{C}$ .



Gambar 10. Hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik pada suhu  $650^\circ\text{C}$ .

Gambar 9 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik, nilai kapasitansi pada frekuensi terendah adalah 670.

Gambar 10 menjelaskan bahwa hubungan antara frekuensi dan nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik, nilai kapasitansi pada frekuensi terendah adalah 723.

*Bode plot* yang ditampilkan menunjukkan bahwa nilai frekuensi sangat menentukan nilai konstanta dielektrik. Semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai konstanta dielektrik dan sebaliknya. Nilai konstanta dielektrik juga bergantung pada ketebalan. Semakin tebal lapisan BST maka semakin besar nilai konstanta dielektriknya.

## KESIMPULAN

Nilai kapasitansi dan nilai konstanta dielektrik dari film tipis  $\text{Ba}_{0,3}\text{Sr}_{0,7}\text{TiO}_3$  berbanding terbalik dengan frekuensi yang diberikan, nilai yang paling besar terdapat pada frekuensi paling kecil yaitu frekuensi 1 Hz dimana pada suhu  $600^\circ\text{C}$  dan  $650^\circ\text{C}$  nilai kapasitansi yaitu  $1,45 \times 10^{-5} \text{F}$  dan  $1,47 \times 10^{-5} \text{F}$ , nilai konstanta dielektriknya 670 dan 723. Komposisi Ba:Sr:Ti adalah 0,3:1,7:3,8 pada suhu  $600^\circ\text{C}$ , dan pada suhu  $650^\circ\text{C}$  komposisi Ba:Sr:Ti adalah 0,1:0,3:0,8.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Barik, S.K., Choudhary, R. N. P., Shing, A.K. 2011. *Ac Impedance Spectroscopy And Conductivity Studies Of  $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$  Ceramics*. *Advanced Materials Letters* 2(6): 419-424.
- [2]. Irzaman., Erviansyah, R., Syafutra, H., Maddu, A., dan Siswadi. 2010. *Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis  $\text{Ba}_{0,25}\text{Sr}_{0,75}\text{TiO}_3$  Yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition*. *Berkala Fisika: Vol 13 (1)* hal 33-38.

- [3].Gridharan, N.V., Jayavel, R., Ramasami, P. 2001. Structural, Morphological And Electrical Studies On Barium Strontium Titanate Thin Films Prepared By Sol-Gel Technique. *Crystal Research Technology* 36(1): 65-72.
- [4].Iriani, Y., Setyaningsih, L., dan Jamaluddin, A.2012. Analisis Pengaruh Variasi Dopan Lantanum pada Lapisan Tipis Barium Strontium Titanat Terhadap Struktur Kristal. *Indonesian Journal of Applied Physics: Vol 2 (2)* hal 170.
- [5]. Jati, M.B. dan Priyambodo, T.K. 2010. *Fisika Dasar Listrik Magnet, Optika, dan Fisika Modern*. Yogyakarta: Andi.
- [6]. Komisah, S. 2001. Pembuatan Alat Uji Teknis Sifat Dielektrik Bahan Cair. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [7].Tukimin. 2012. Studi Spektroskopi Impedansi Bahan *Perovskite* (Ba,Sr) TiO<sub>3</sub> Pada Temperatur Tinggi. Thesis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- [8]. Zhu, X.,Lu, S.,Chan,H.L.W,Choy, C.I., Wong, K.H. 2003. Microstructural And Dielectric Properties Of Compositionally Graded (Ba<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)TiO<sub>3</sub> Thin Films Prepared By Pulsed Layer Deposition. *Applied Physics A Material Science And Processing*, 76: 225-229.