

# FABRIKASI DAN KARAKTERISASI MATERIAL FERROELEKTRIK BARIUM ZIRKONIUM TITANAT (BZT) $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$ MENGUNAKAN METODE SOL-GEL

Marisah, Rahmi Dewi\*

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: drahmi2002@yahoo.com

## ABSTRACT

*Barium Zirconium Titanate  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  has been fabricated by sol-gel method. Annealing temperature was done at temperature  $600^{\circ}C$  and  $650^{\circ}C$  with holding time for 1 hour. Sample was characterized with Ultraviolet-Visible and XRD instrument to determine the effects of doping on the optical properties of absorbance, transmittance, refractive index, film thickness, absorption coefficient, energy bandgap and crystal structures of  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$ . Characterization was carried out using an Ultraviolet-Visible spectrophotometer with a thin film of  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  the energy bandgap value of the thin film at different temperature is 3,82 eV and 3,79 eV. XRD analysis showed that  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  has a tetragonal structure with  $a = b \neq c$  from parameter kisi  $a = b$  result 3,95 Å dan  $c = 4,14$  Å.*

**Keywords:**  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$ , Sol-Gel method, annealing, Energy bandgap, Crystal structure.

## ABSTRAK

*Barium Zirkonium Titanat  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  disintesis menggunakan metode sol-gel. Sampel di annealing pada temperatur  $600^{\circ}C$  and  $650^{\circ}C$  dengan waktu tahan selama 1 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan Ultraviolet-Visible dan instrumen XRD untuk mengetahui pengaruh doping terhadap sifat optik dari absorbansi, transmitansi, index bias, ketebalan, koefisien serap, energi gap dan struktur kristal. Hasil analisis dari spektroskopi Ultraviolet-Visible didapat nilai celah pita energilapisan tipis  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  pada suhu berbeda adalah 3,82 eV dan 3,79 eV. XRD menunjukkan bahwa  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  memiliki struktur kristal tetragonal dengan  $a = b \neq c$  dari parameter kisi  $a = b$  bernilai 3,95 Å dan  $c = 4,14$  Å.*

**Kata kunci:**  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$ , Metode sol-gel, Annealing, Celah pita energi, Stuktur kristal.

## PENDAHULUAN

Material Ferroelektrik telah dikembangkan sejak tahun 1960-an dan mulai menarik perhatian para ahli fisika dikarenakan material ferroelektrik ini sangat menjanjikan untuk menciptakan dan memodifikasi suatu devais sesuai dengan yang dibutuhkan berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki material ferroelektrik tersebut.

Barium Titanate ( $BaTiO_3$ ) telah dikembangkan sejak tahun 1940-an sebagai kapasitor. Untuk meningkatkan konstanta dielektrik serta mengurangi kehilangan dielektrik pada frekuensi rendah, maka  $BaTiO_3$  didoping dengan Zirkonium (Zr) sehingga menjadi film tipis BZT. Film Tipis Barium Zirkonium Titanate

(BZT) memiliki struktur perovskite  $ABO_3$  dengan konstanta dielektrik yang tinggi sehingga meningkatkan kapasitas penyimpanan muatan yang lebih banyak dan kebocoran arus yang rendah serta kehilangan dielektrik yang rendah.

Penelitian ini merupakan studi dari pembuatan film tipis BZT  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$ . Pada penelitian ini akan digunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) atau metode sol-gel dengan substrat berupa kaca. Pembuatan film tipis terdiri dari campuran Barium Karbonat ( $BaCO_3$ ), Zirkonium Dioksida ( $ZrO_2$ ) dan Titanium Dioksida  $TiO_2$  menggunakan proses *spin coating* dan *annealing* dengan suhu Lapisan tipis  $BaZr_{0,55}Ti_{0,45}O_3$  di anealing dengan variasi suhu yaitu  $600^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$  yang bertujuan untuk

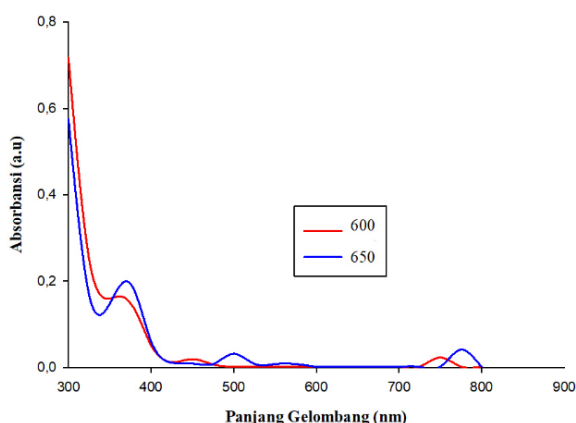
mendapatkan pengaruh doping Zr terhadap energi gap dan struktur kristal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap metode eksperimen. Pembuatan sampel film tipis BZT dengan komposisi  $x = 0,55$  menggunakan metode sol gel dan di variasi suhu annealing 600 °C dan 650 °C. Proses ini melalui beberapa tahap yaitu pencucian substrat kaca menggunakan *Ultrasonic Bath*. Substrat kaca yang bersih ditetaskan larutan BZT sebanyak 3 tetes melalui proses spin coating diputar dengan kecepatan 3500 rpm dalam waktu 15 menit. Sampel dipreannealing pada suhu 300 °C selama 30 menit. Selanjutnya sampel di annealing dengan furnace dengan variasi suhu 600 °C dan 650 °C. Sampel dikarakterisasi dengan spektroskopi *ultraviolet-visible* dan difraksi sinar-X (XRD).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

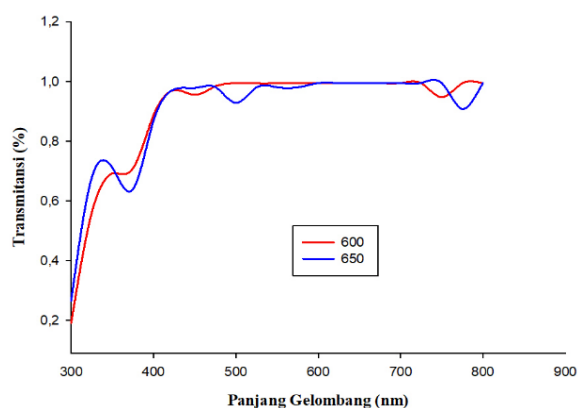
Lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  telah ditumbuhkan dengan baik pada suhu 600 °C dan 650 °C dengan komposisi yang berbeda. Hasil UV-Vis berupa Absorbansi dan transmitansi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Spektrum absorbansi optik lapisan tipis dari sampel  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 600 °C dan 650 °C.

Gambar 1 terlihat bahwa pada sampel  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 600 °C dan 650 °C memiliki nilai absorbansi maksimum sebesar 0,7176 a.u dan 0,5759 a.u. Sampel

$\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  300 nm hingga 525 nm yang merupakan panjang gelombang *ultraviolet* dan minimum menyerap cahaya pada panjang gelombang 675 nm hingga 800 nm yang merupakan panjang gelombang *visible*.



**Gambar 2.** Spektrum transmitansi optik lapisan tipis dari sampel  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 600 °C dan 650 °C.

Gambar 2 adalah nilai transmitansi maksimum dan transmitansi minimum yang dapat diperoleh dari data absorbansi dengan menggunakan persamaan Lambert Beer (1). Lambert (1760), Beer (1852) dan Bouger menunjukkan hubungan absorbansi dengan transmitansi sebagai berikut.

$$A = -\log T \quad (1)$$

$$A = \log \frac{1}{T} = \log 1 - \log T \quad (2)$$

Sampel  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 600 °C diperoleh nilai transmitansi maksimum yaitu  $TM_1 = 0,9949$  dan  $TM_2 = 0,9845$  sedangkan nilai transmitansi minimum yaitu  $Tm_1 = 0,9475$  dan  $Tm_2 = 0,9561$  dengan panjang gelombang 1 ( $\lambda_1$ ) yaitu 775 nm dan panjang gelombang 2 ( $\lambda_2$ ) yaitu 470 nm. Sampel  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 650 °C diperoleh nilai transmitansi maksimum yaitu  $TM_1 = 0,9952$  dan  $TM_2 = 0,9845$  sedangkan nilai transmitansi minimum yaitu  $Tm_1 = 0,9076$  dan  $Tm_2 = 0,9285$  dengan panjang gelombang 1 ( $\lambda_1$ ) yaitu 800 nm dan panjang gelombang 2 ( $\lambda_2$ ) yaitu 475 nm.

Penentuan celah pita optik pada lapisan tipis dapat dilakukan dengan mengolah data transmitansi yang diperoleh dari karakterisasi menggunakan spektroskopi *ultraviolet-visible*.

Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran transmitansi yaitu dimulai dari cahaya ultraviolet sampai cahaya tampak (300 nm sampai 800 nm). Nilai indeks bias dan ketebalan lapisan tipis ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini [1].

$$N = 2 n_s \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{n_s^2 + 1}{2} \quad (3)$$

$$n = \sqrt{N + \sqrt{N^2 - n_s^2}} \quad (4)$$

Nilai ketebalan lapisan tipis dapat ditentukan dari hasil perhitungan nilai indeks bias menggunakan persamaan berikut.

$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 n_2 - \lambda_2 n_1)} \quad (5)$$

Hasil perhitungan ketebalan lapisan tipis kemudian digunakan untuk menentukan koefisien serap lapisan tipis untuk panjang gelombang menggunakan persamaan berikut.

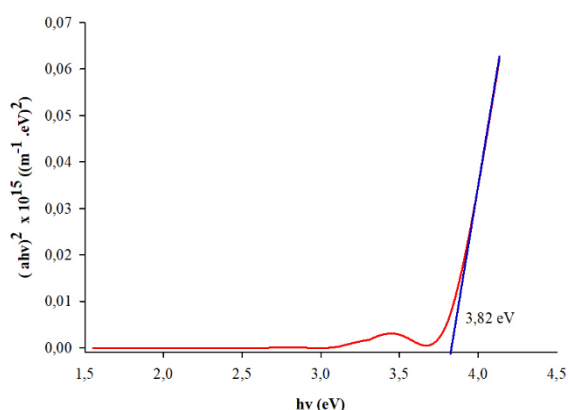
$$\alpha = -\frac{1}{d} \ln(T) \quad (6)$$

Setelah koefisien serap lapisan tipis diketahui, kemudian menentukan celah pita energi optik menggunakan metode *Tauc plot* yaitu metode penentuan celah optik dengan cara melakukan ekstrapolasi dari grafik hubungan  $(h\nu)$  sebagai sumbu x dan  $(\alpha h\nu)^n$  sebagai kordinat sumbu y, dari kjurva dapat ditentukan nilai energi gap lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  dengan masing-masing suhu [2].

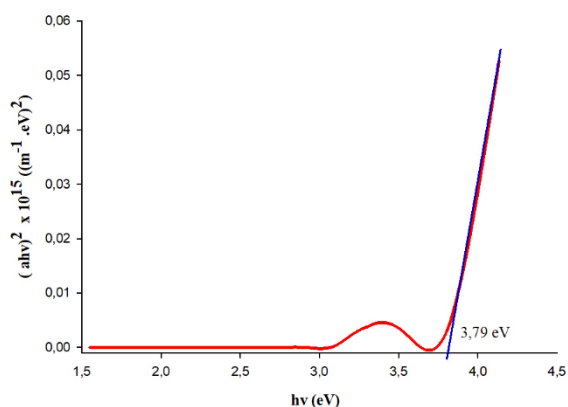
Metode yang digunakan untuk menentukan celah pita energi ini adalah metode *Tauc Plot*. Metode *Tauc Plot* adalah metode untuk menentukan celah pita energi dengan melakukan ekstrapolasi pada daerah linier dari grafik antara energi foton  $(h\nu)$  sebagai sumbu-x dan koefisien serap terhadap foton  $(\alpha h\nu)^2$  sebagai sumbu-y hingga memotong sumbu energi dan didapatkan nilai celah pita energi [3].

Gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa kurva  $(\alpha h\nu)^2$  terhadap  $(h\nu)$  untuk lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu 600 °C dan 650 °C dengan panjang gelombang dari 300 nm hingga

800 nm yang telah dibuat garis lurus dengan menggunakan metode *Tauc Plot* maka didapatkan nilai celah pita energi yaitu 3,82 eV dan 3.79 eV. Dari Gambar diperoleh bahwa nilai celah pita energi (energi band gap) pada  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu *annealing* 600 °C dan 650 °C terjadi penurunan nilai energi gap yang disebabkan karena pergeseran koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Pergeseran yang dihasilkan relatif kecil, hal ini dapat terjadi karena pada pembuatan film tipis dengan menggunakan metode sol-gel memiliki kesetimbangan termal yang cukup baik.



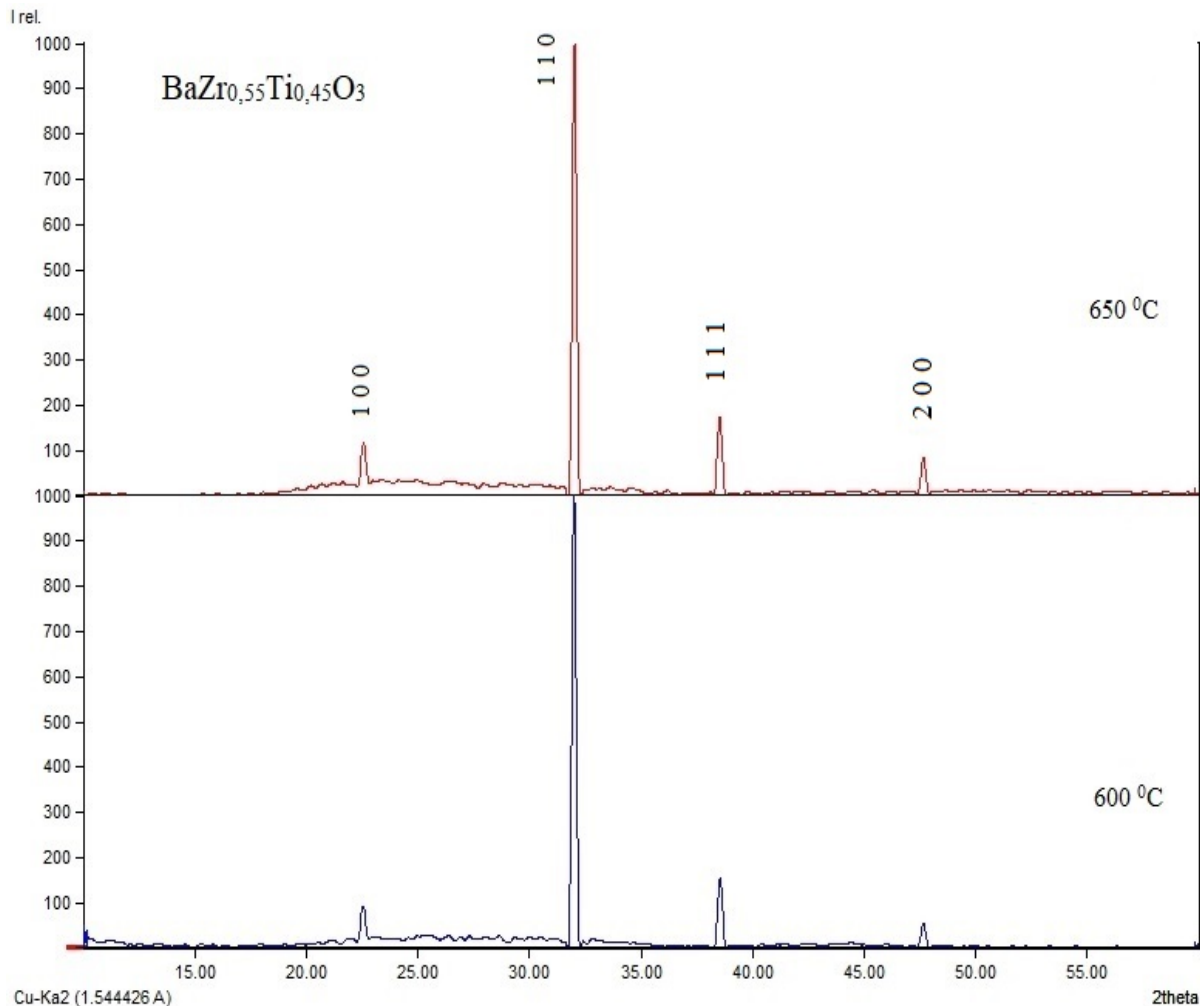
**Gambar 3.** Penentuan celah pita optik  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  menggunakan metode pada suhu 600 °C.



**Gambar 4.** Penentuan celah pita optik  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  menggunakan metode pada suhu 650 °C.

XRD menampilkan grafik yang menunjukkan puncak-puncak antara intensitas terhadap sudut. Pengolahan data XRD menggunakan *software Match3!*. Program tersebut akan menampilkan parameter kisi, struktur kristal dan jarak antar bidang  $(d_{hkl})$  dari sampel tersebut. BZT yang ditumbuhkan diatas substrat kaca dengan

komposisi  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  dikarakterisasi menggunakan XRD dengan tujuan untuk mengetahui parameter kisi, jarak antar bidang dan struktur kristal.



**Gambar 5.** Data XRD hubungan antara intensitas dan sudut difraksi (2 $\theta$ ).

Dari kedua suhu *annealing* yang dihasilkan pada karakterisasi XRD Puncak-puncak yang terdapat pada grafik merupakan orientasi bidang tertentu milik  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  yaitu pada sudut 22,55 °C pada bidang (100), sudut 32,00 °C pada bidang (110), sudut 38,54 °C pada bidang (111) dan sudut 47,64 °C pada bidang (200), dimana panjang gelombang sinar-X adalah 1,544 nm. Pengaruh suhu *annealing* menyebabkan semakin bertambah besar ukuran jari-jari atom sehingga kerapatan menjadi meningkat [4]. Intensitas berbanding lurus dengan suhu *annealing*. Semakin besar suhu maka semakin tinggi puncak difraksi [5].

Parameter kisi pada sistem kristal tetragonal memiliki dimensi  $a=b \neq c$  sehingga jarak antar

bidang pada sistem kristal dinyatakan dalam persamaan di bawah ini [6].

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2+k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (7)$$

Hasil yang diperoleh mendapatkan parameter kisi dimana nilai  $a=b \neq c$  sehingga struktur kristal dari lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  adalah tetragonal. Dari data parameter kisi  $a = b$  bernilai 3,95 untuk nilai  $c$  adalah 4,14 °C.

## KESIMPULAN

Lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  telah berhasil ditumbuhkan dengan metode sol-gel pada suhu 600 °C dan 650 °C. Nilai absorbansi pada komposisi yang sama dan suhu berbeda,

terjadi perbedaan nilai karena kerapatan dan kehomogenan bahan yang dihasilkan berbeda-beda. Lebar celah pita optik lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  didapatkan dengan metode *Tauc Plot* dimana nilai celah pita  $3,82\text{ eV}$  dan pada suhu  $650\text{ }^\circ\text{C}$  bernilai  $3,79$ . Struktur kristal dari lapisan tipis  $\text{BaZr}_{0,55}\text{Ti}_{0,45}\text{O}_3$  adalah tetragonal karena nilai parameter kisi yang didapat bernilai  $a = b \neq c$ .

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Proyek AKSI ADB Universitas Riau Tahun 2020.

### REFERENSI

1. Swanepoel, R. (1983). Determination of the thickness and optical constants of amorphous silicon. *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, 16(12), 1214–1222.
2. Tauc, J., Grigorovici, R., & Vancu, A. (1966). Optical Properties and electronic structure of Ge. *Phys. Stat. Sol.*, 15, 627–637.
3. Agus, S., Rifan, H., & Ahmad, M. (2012). *Karakterisasi material*. Bandung: Penerbit Upi Press.
4. Zainuddin, A., Subaer, S., & Haris, A. (2015). Pengaruh Konsentrasi Prekursor terhadap Sifat Optoelektronik  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ . *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 3, 308–313.
5. Liman, J., Budi, H., Tantan, T. R., Umi, T., Muhammad, K., Eti, R., & Irzaman. (2015). Uji Sifat Optik Film Tipis  $\text{Ba}_{0,55}\text{Sr}_{0,45}\text{TiO}_3$  di Atas Substrat Corning Glass 7059. *Jurnal Fisika Indonesia*, 55, 45–46.
6. Waseda, Y., Eiichiro M., & Kozo, S. (2011). *X-ray Diffraction Crystallography. Introduction example and solved problems*. Sendai : Spring.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)