

Pengaruh Doping Zirkonium (Zr) pada Konstanta Dielektrik dan Struktur Kristal $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$

Fildzah Khairina Nisa,* Anif Jamaluddin, dan Yofentina Iriani[†]
 Program Studi Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Jurusan Fisika, FMIPA,
 Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta 57126

Intisari

Barium zirkonium titanat ($\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$) dengan variasi mol dopan zirkonium (x) sebanyak 0,01 mol; 0,02 mol; dan 0,03 mol telah disintesis menggunakan metode reaksi fasa padat. Sampel disintering pada temperatur 1100°C dengan waktu tahan selama 2 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD dan RLC meter untuk mengetahui pengaruh doping terhadap struktur kristal dan konstanta dielektrik $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ memiliki struktur kristal tetragonal dengan $a = b \neq c$. Ukuran kristal $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ pada $x = 0,01$; $x = 0,02$; dan $x = 0,03$ masing-masing adalah 34 nm, 33 nm, dan 38 nm. Pengukuran RCL meter diperoleh konstanta dielektrik sebesar 331, 522, dan 641.

Abstract

Barium zirconium titanate ($\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$) with mole variations of zirconium (x) dopant at $x = 0,01$; $x = 0,02$; and $x = 0,03$ has been fabricated by solid state reaction method. Sintering temperature was done at temperature 1100°C with holding time for 2h. Sample was characterized with XRD instrument and RLC meter to determine the effects of doping on the crystal structures and dielectric constant of $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$. The result of XRD analysis showed that $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ has a tetragonal structure with $a = b \neq c$. Crystalline size of $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ at $x = 0,01$; $x = 0,02$; and $x = 0,03$ are 34 nm, 33 nm, and 38 nm. RLC meter measurement obtained the dielectric constant are 331, 522, and 641, respectively.

KATA KUNCI: barium zirconium titanate, doping, solid state reaction, dielectric constant

I. PENDAHULUAN

Ferroelektrik merupakan suatu material yang dapat mengalami polarisasi secara spontan ketika dikenai oleh suatu medan listrik dari luar. Poliarisasi terjadi ketika terdapat jarak antara muatan positif dan negatif pada material ferroelektrik sehingga terbentuk momen dipol atau pengutuban elektrik [1].

Material ferroelektrik memiliki sifat-sifat unik, yaitu sifat dielektrik, sifat piroelektrik, dan sifat piezoelektrik. Penemuan material ferroelektrik sebagai elemen aktif mulai dikembangkan dalam berbagai ukuran tergantung karakteristik dan kebutuhan yang diperlukan, seperti pengembangannya dalam dunia elektronika [1, 2].

Barium titanat (BaTiO_3) merupakan salah satu material ferroelektrik yang memiliki konstanta dielektrik tinggi dan tingkat kebocoran energi rendah sehingga banyak diaplikasikan dalam bidang elektronika seperti *Dynamic Random Access Memories* (DRAM), *Ferroelectric Random Access Memories* (FRAM), *Controllers*, sensor PCTR, detektor piroelektrik, perangkat pembangkit sinyal, dan kapasitor [2–4].

Barium titanat (BaTiO_3) memiliki stuktur atom ABO_3 dengan A ditempati oleh atom Ba dan B ditempati atom Ti [2].

Untuk meningkatkan sifat listrik, optik, dan sifat lainnya dari BaTiO_3 , maka dilakukan penelitian mengenai doping menggunakan atom Ce, La, Hf, Zr yang dapat menggantikan posisi atom Ti pada BaTiO_3 atau menggunakan atom [5, 6].

Doping terhadap BaTiO_3 menggunakan atom Zr akan membentuk $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan Zr akan menggantikan posisi atom Ti pada struktur BaTiO_3 . Dikarenakan Zr memiliki jari-jari ion lebih besar, yaitu 0,086 nm dibandingkan Ti yang hanya 0,0745 nm, maka dihasilkan struktur yang lebih stabil [5–8].

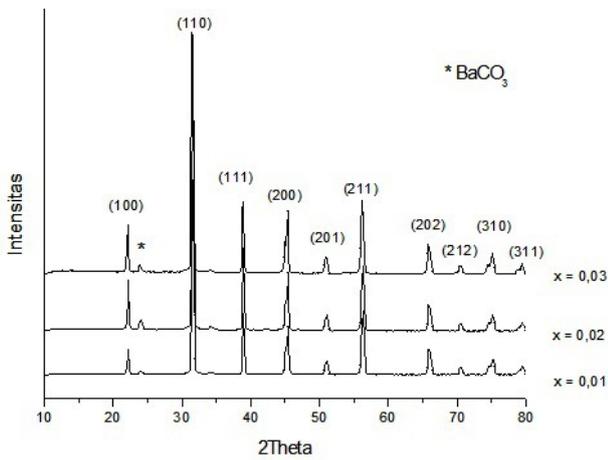
II. METODE PENELITIAN

Sintesis barium zirkonium titanat ($\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$) dilakukan dengan metode reaksi fasa padat. Massa Zr divariasi sebesar $x = 0,01$, $x = 0,02$, dan $x = 0,03$. Bahan-bahan pembentuk yaitu barium karbonat (BaCO_3), titanium dioksida (TiO_2), dan zirkonium dioksida (ZrO_2) dilakukan secara manual dengan proses penggerusan selama 6 jam. Penggerusan dilakukan agar terbentuk campuran yang homogen dengan ukuran partikel yang lebih kecil. $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ powder kemudian dipress hingga membentuk bulk $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ dengan menggunakan alat press hidrolik. Bulk $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ disintering pada temperatur 1100°C dengan waktu tahan selama 2 jam.

Karakterisasi dilakukan menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD) Bruker D8 Advance bersumber radiasi Cu

*E-MAIL: fildzahkhairinanisa@gmail.com

[†]E-MAIL: yopen.2005@yahoo.com



Gambar 1: Pola difraksi dari sampel BaZr_xTi_{1-x}O₃ dengan jumlah mol dopan x = 0,01; x = 0,02; dan x = 0,03.

dengan panjang gelombang 1,5406 Å. Hasil uji XRD kemudian dicocokkan dengan database dari *International Centre for Diffraction Data* (ICDD). Data hasil uji XRD dapat digunakan untuk mengetahui struktur kristal, menghitung ukuran kristal dan kristalinitas dari sampel BaZr_xTi_{1-x}O₃.

Bulk BaZr_xTi_{1-x}O₃ diuji menggunakan instrumen RLC meter series *Gwinstek* untuk mengetahui nilai kapasitansi yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung konstanta dielektrik sesuai dengan Pers. 1.

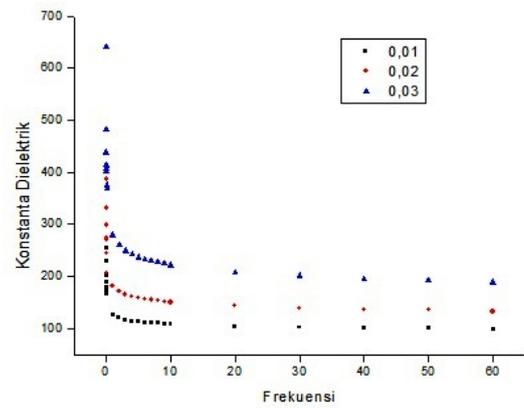
$$K = \frac{C d}{\epsilon_0 A} \quad (1)$$

dengan, K merupakan konstanta dielektrik, C nilai kapasitansi, d ketebalan yang dimiliki bahan, dan A merupakan luasan dari bahan.

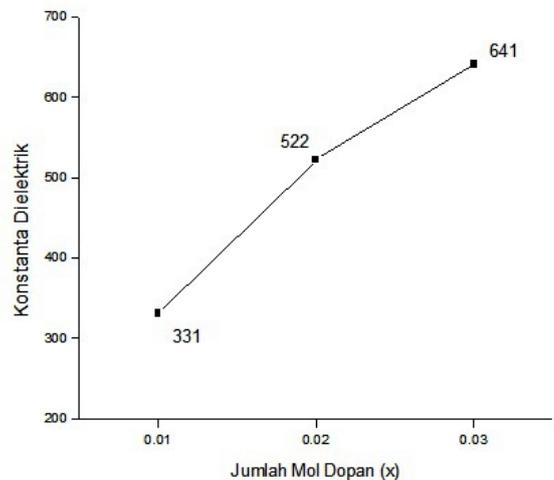
III. HASIL DAN DISKUSI

Karakterisasi dengan instrumen XRD dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kristalinitas dari sampel BaZr_xTi_{1-x}O₃. Hasil data XRD berupa grafik hubungan antara intensitas dan sudut difraksi (2θ), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak-puncak difraksi yang muncul pada grafik XRD menunjukkan bahwa sampel BaZr_xTi_{1-x}O₃ dengan x = 0,01, x = 0,02, dan x = 0,03 merupakan material dengan struktur kristal. Puncak-puncak difraksi dari material BaZr_xTi_{1-x}O₃ kemudian dicocokkan dengan database *International Centre for Diffraction Data* (ICDD) dari barium titanat (PDF #792265).

Hasil XRD menunjukkan bahwa intensitas tertinggi dari BaZr_xTi_{1-x}O₃ dengan x = 0,01, x = 0,02, dan x = 0,03 ditunjukkan pada sudut 31° dengan bidang (1 1 0). Untuk mendapatkan puncak-puncak BaZr_xTi_{1-x}O₃ seperti yang diinginkan, dilakukan penghalusan (refinement) menggunakan metode Rietveld dengan software *General Structure Analysis System* (GSAS). Dari hasil analisis Rietveld, didapatkan nilai



Gambar 2: Grafik hubungan konstanta dielektrik dengan variasi frekuensi.



Gambar 3: Grafik hubungan konstanta dielektrik dengan variasi jumlah mol dopan.

parameter kisi yang dihasilkan dari refinement (penghalusan), seperti yang telah ditunjukkan pada Tabel I.

Hasil refinement GSAS menunjukkan bahwa parameter kisi akan semakin kecil ketika jumlah mol dopan Zr semakin besar. Hal ini dikarenakan atom Zr yang menggantikan posisi dari atom Ti memiliki jari-jari atom yang lebih besar sehingga nilai parameter kisi akan mengecil. Hasil refinement menunjukkan bahwa material BaZr_xTi_{1-x}O₃ memiliki struktur kristal tetragonal dengan nilai parameter kisi a = b ≠ c.

Berdasarkan hasil perhitungan ukuran kristal sampel BaZr_xTi_{1-x}O₃ dengan variasi mol dopan terlihat bahwa semakin banyak jumlah mol dopan Zr yang diberikan pada BaTiO₃ maka ukuran kristalnya semakin besar, seperti yang ditunjukkan pada Tabel II.

Hasil karakterisasi menggunakan instrumen RLC meter berupa nilai kapasitansi bahan dan faktor disipasi. Pengukuran dengan RLC meter ini menggunakan frekuensi mi-

TABEL I: Parameter kisi $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ dengan $x = 0,01$, $x = 0,02$, dan $x = 0,03$.

Jumlah Mol dopan	Parameter Kisi		
	a = b (Å)	c (Å)	c/a
0,01	4,0001	4,0033	1,0008
0,02	3,9989	4,0299	1,0075
0,03	3,9995	4,0301	1,0077

TABEL II: Ukuran kristal dan kristalinitas $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ dengan $x = 0,01$, $x = 0,02$, dan $x = 0,03$.

Jumlah Mol dopan	Ukuran kristal (nm)	Kristalinitas (%)
0,01	34	96,01
0,02	33	95,48
0,03	38	97,00

nimum 0,01 kHz hingga frekuensi 60 kHz. Hasil pengukuran RLC meter ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Nilai kapasitansi akan semakin besar ketika frekuensi yang diberikan semakin kecil. Dikarenakan hubungan kapasitansi dengan konstanta dielektrik berbanding lurus seperti yang ditunjukkan oleh Pers.(1), maka konstanta dielektrik yang diperoleh juga semakin besar ketika frekuensi yang diberikan semakin kecil.

Hasil perhitungan konstanta dielektrik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa konstanta dielektrik yang dihasilkan oleh $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ akan semakin besar

ketika jumlah mol dopan Zr semakin bertambah. Konstanta dielektrik yang dihasilkan pada pengukuran frekuensi 0,01 kHz adalah sebesar 331, 522, dan 641 untuk $x = 0,01$; $x = 0,02$; dan $x = 0,03$.

IV. SIMPULAN

Barium zirkonium titanat ($BaZr_xTi_{1-x}O_3$) telah berhasil dibuat dengan melakukan doping terhadap $BaTiO_3$ menggunakan atom zirkonium (Zr) dengan metode reaksi fasa padat. Variasi jumlah mol dopan Zr yang diberikan mempengaruhi struktur kristal dan konstanta dielektrik dari $BaZr_xTi_{1-x}O_3$. Dengan bertambahnya jumlah mol Zr, maka ukuran kristal yang dihasilkan semakin besar. Parameter kisi yang dihasilkan juga akan semakin besar ketika jumlah mol dopan semakin besar dengan $a = b \neq c$. Konstanta dielektrik yang dihasilkan oleh $BaZr_xTi_{1-x}O_3$ pada pengukuran menggunakan frekuensi 0,01 kHz akan bertambah besar ketika jumlah mol Zr semakin besar, yaitu sebesar 331, 522 dan 641 untuk $x = 0,01$; $x = 0,02$; dan $x = 0,03$.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM).

[1] N. Nurhadi, A. Jamaluddin, Y. Iriani, Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, **1**(2), 191-198 (2013).
 [2] M. Istiqomah, A. Jamaluddin, Y. Iriani, Jurnal Fisika Indonesia, **XVIII**(53), ISSN: 1410-2994 (2014).
 [3] A. Zaidah, Suwarni, Y. Iriani, Pengaruh Suhu Sintering Pada Barium Stronsium Titanat ($Ba_{0,2}Sr_{0,8}TiO_3$) Terhadap Konstanta Dielektrik yang Dibuat dengan Metode Solid State Reaction, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng dan DIY, ISSN : 0853-0823, 2015.

[4] Z. Sun, *et al.*, Ceramics International, **40**, 3589-3594 (2014).
 [5] O.A.A. Abdelal, American Journal of Materials Science, **3**(6), 179-188 (2013).
 [6] X. Liu, *et al.*, Integrated Ferroelectrics, **150**, 66-74 (2014), ISSN: 1058-4587.
 [7] S.K. Dash, *et al.*, Indian Journal Physics, **88**(2), 129-135 (2014).
 [8] F. Moura, *et al.*, Journal of Alloys and Compound, **462**, 129-134 (2008).