

Karakterisasi Mikrostruktur Material Feroelektrik $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BST) dengan Variasi Suhu Annealing

Dr. Rahmi Dewi M.Si, Drs. Krisman M.Si, Khaironiati, Fauziana

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Pekanbaru

Email : drahmi2002@yahoo.com

Abstrak – Sampel Barium Strontium Titanate, $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BST) telah disediakan dengan menggunakan reaksi kimia padatan. Mikrostruktur sampel telah dikarakterisasi dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) dan Scanning Electron Microscopy (SEM). Sampel disediakan dengan variasi suhu yang berbeda yaitu pada suhu 600°C, 700°C dan 800°C selama 60 menit di udara. Karakterisasi XRD menunjukkan dengan meningkatnya suhu annealing maka kristaline sampel semakin meningkat dengan struktur tetragonal. Karakterisasi SEM menunjukkan sampel adalah homogen dengan ukuran butiran seragam. Ukuran butiran sampel akan bertambah dengan bertambahnya suhu annealing. Seluruh sampel mempunyai ukuran butiran dalam nanometer.

Kata kunci: $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BST), variasi suhu annealing, difraksi sinar-X (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM)

Abstract – Barium Strontium Titanate, $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BST) samples were prepared using solid state chemical reaction. The microstructure of these samples were characteritition using the X-ray Diffraction technique (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM). Then the samples were annealed at 600°C, 700°C and 800°C for 60 minutes in air. The XRD characterization showed that the crystallization improved as the annealing temperature increased with tetragonal structures. The microstructure showed that the samples were homogeny with the grain size were uniform. The grain size samples increases with the annealing temperature increased. All of the samples have nanometer grain sizes.

Key words: $Ba_{0.8}Sr_{0.2}TiO_3$ (BST), annealed temperature variation, X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM)

I. PENDAHULUAN

Belakangan ini penelitian terhadap material ferroelektrik banyak menarik perhatian para ahli fisika karena material ferroelektrik ini sangat menjanjikan terhadap perkembangan *device* generasi baru sehubungan dengan sifat-sifat unik yang dimilikinya. Sifat-sifat bahan ferroelektrik dapat difabrikasi sesuai kebutuhan serta mudah diintegrasikan dalam bentuk devais. Penerapan material ferroelektrik berdasarkan sifat-sifatnya adalah sifat histeresis dan tetapan dielektrik yang tinggi, sehingga bahan ferroelektrik banyak digunakan dalam aplikasi untuk piranti elektronik, sensor, dan lain sebagainya.

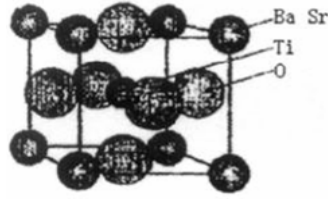
Dalam menghasilkan sampel BST, terdapat beberapa metode yang biasa digunakan seperti metode sputtering [1], e-gun, laser ablasi [2], metode sol-gel dan metode reaksi kimia padatan. Penelitian ini menggunakan reaksi kimia padatan karena lebih mudah dan murah dilakukan.

Penelitian ini dilakukan pembuatan pelet BST dengan bahan dasar barium karbonat ($BaCO_3$), strontium karbonat ($SrCO_3$) dan titanium oksida (TiO_2) dengan perbandingan stoikiometri 0,8:0,2:1. Setelah terbentuk pelet BST dilakukan pengkarakterisasian material dengan menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan Scanning Electron Microscopy (SEM).

II. LANDASAN TEORI

Barium titanat ($BaTiO_3$) adalah bahan dasar yang penting dalam kumpulan keramik ferroelektrik. Strontium titanat ($SrTiO_3$) juga merupakan bahan paraelektrik. Barium Strontium Titanat (BST) adalah bahan keramik ferroelektrik yang penting dan digunakan secara meluas sebagai bahan dielektrik. BST mempunyai konstanta dielektrik yang tinggi dan kebocoran listrik yang rendah [3].

Bahan BST diatur dengan perbandingan ratio barium dan strontium. Pada suhu kamar, BST berada dalam fasa ferroelektrik apabila ratio mol barium berada antara 0.7 hingga 1.0 mol manakala berada dalam fasa paraelektrik apabila bilangan mol barium kurang daripada 0.7 mol [4]. BST akan bersifat paraelektrik pada suhu kamar untuk menghindari pengaruh domain ferroelektrik [5]. Sifat paraelektrik BST adalah disebabkan bentuk kubus dengan a bersamaan dengan 3.951Å. Keadaan ini bersamaan dengan struktur kristaline $BaTiO_3$ (a = 3.991Å dan c = 4.018Å) dan $SrTiO_3$ (a = 3.897Å) dengan Ba atau Sr berada pada titik nol. Ion Ti berada pada pusat dan tiga atom oksigen berada pada tiga pusat muka. Struktur ini akan menyebabkan ion Ba^{2+} dalam $BaTiO_3$ di ganti oleh ion Sr^{2+} dalam kedudukan setara (1/3) per unit sel dasar. Ion Ti^{4+} dan ion O^{2+} dalam $BaTiO_3$ akan saling bertukar tempat di paksi-c manakala ion Ba^{2+} berada dalam posisi hampir simetri. Ion Sr^{2+} , ion Ti^{4+} dan ion O^{2+} dalam $SrTiO_3$ tidak berubah tempat dalam pengiraan struktur $SrTiO_3$ [6]. Gambar 1 menunjukkan struktur simetri bahan BST berstruktur kubus.



Gambar 1 Simetri kubus bahan BST [7]

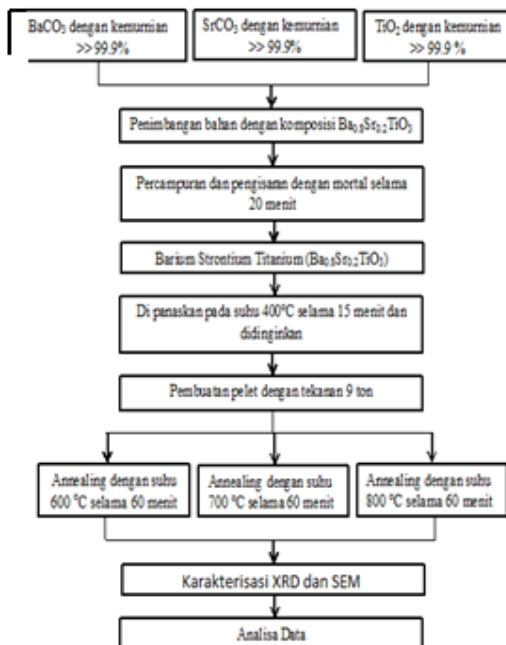
XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak – puncak yang spesifik.

Metode difraksi umumnya digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang belum diketahui yang terkandung dalam suatu padatan dengan cara membandingkan dengan data difraksi dengan database yang dikeluarkan oleh International Centre for Diffraction Data berupa PDF Powder Diffraction File (PDF).

Scanning Electron Microscopy (SEM) dapat digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakterisasi bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur morfologi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural dan komposisi pencemaran suatu bahan.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat seperti Gambar 2 dibawah ini.

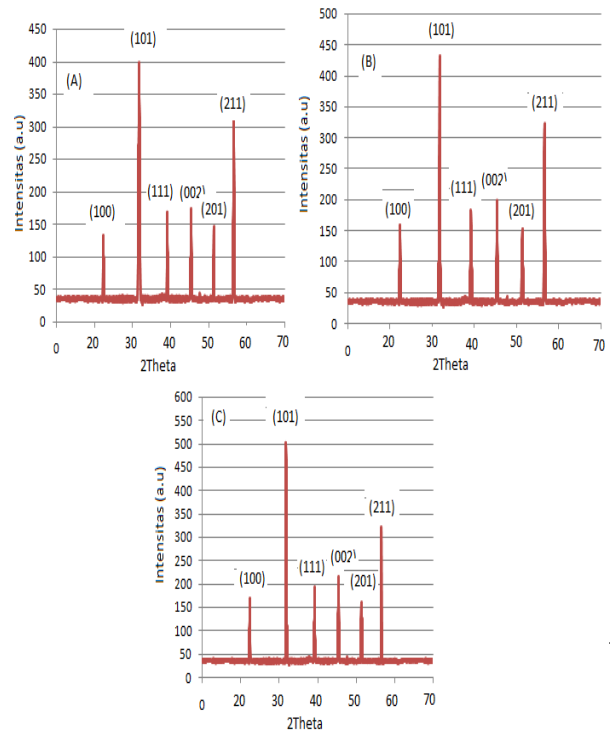


Gambar 2 Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini sampel yang dikarakterisasi berbentuk pelet yang dibuat dengan menggunakan teknik reaksi kimia yaitu dengan mencampurkan bubuk 0.8BaCO₃, 0.2SrCO₃ dan TiO₂. Sebanyak tiga sampel material Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ diannealing pada suhu yang berbeda tiap sampel. Sampel pertama diannealing pada suhu 600 °C, sampel kedua diannealing pada suhu 700 °C dan sampel ketiga diannealing pada suhu 800 °C. Kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan SEM (Scanning Electron Microscopy)

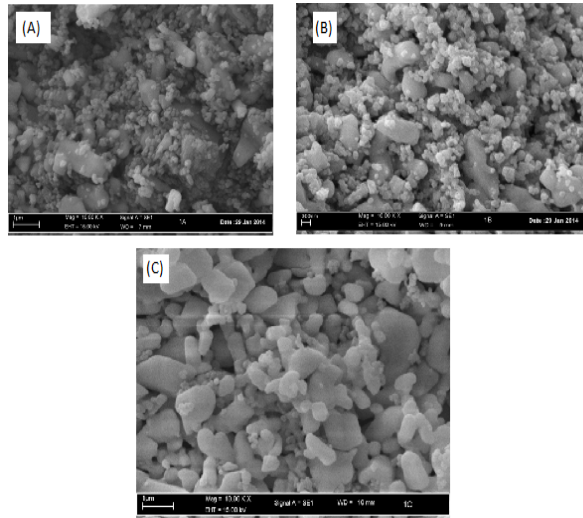
Hasil analisa XRD di peroleh pola difraksi dari pelet material Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ dengan suhu annealing 600 °C, 700°C dan 800°C selama 60 menit. Sudut pencacah (2θ) antara 20° hingga 60° dari interval tiap pencacah 0.025, serta panjang gelombang (λ) = 1.5404 Å. Gambar 3 menunjukkan pola XRD. Data hasil difraksi sinar-X ini kemudian dicocokkan dengan database ICDD (International Center for Diffraction Data) berstruktur tetragonal.



Gambar 3 Pola XRD Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ (A). diannealing 600°C selama 60 menit, (B). diannealing 700°C selama 60 menit dan (C) diannealing 800°C selama 60 menit

Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ dengan suhu annealing 600°C memiliki intensitas paling rendah dibandingkan dengan pelet Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ yang diannealing pada suhu 700° dan 800°C. Perbedaan tersebut terjadi karena semakin tinggi suhu annealing maka struktur Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ struktur kristalin semakin baik.

Hasil SEM dapat dilihat pada Gambar 4 (A),(B) dan (C) yang menunjukkan bentuk, ukuran dan kerapatan dari material Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ dengan suhu annealing 600 °C, 700°C dan 800°C selama 60 menit.



Gambar 4 Material Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ yang diannealing pada suhu (A) 600°C selama 60 menit (B) 700°C selama 60 menit dan (C) 800°C selama 60 menit

Hasil pengukuran ukuran rata-rata butiran dan % kerapatan partikel pada suhu annealing yang berbeda dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Ukuran rata-rata dan kerapatan partikel dengan variasi suhu annealing

Suhu Annealing	Ukuran rata-rata Partikel (nm)	Luas Permukaan	Jumlah Partikel	% Kerapatan ((Jumlah Partikel/Luas permukaan) x 100%)
600°C	146,34	25 x 10 ⁴	18	0,0072 %
700°C	195,65	25 x 10 ⁴	11	0,0044 %
800°C	214,29	25 x 10 ⁴	6	0,0024 %

Dari hasil penelitian semakin tinggi suhu annealing maka ukuran butiran partikel Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ makin besar dan % kerapatannya makin kecil. Peningkatan suhu memperbesar energi vibrasi termal, yang kemudian mempercepat difusi atom melintasi batas butir dari butir yang kecil menuju butir yang besar. Karena butir-butir kecil cenderung memiliki permukaan dan kecembungan yang lebih tajam dibandingkan butir-butir besar, sehingga butir-butir kecil menghilang dan menyatu dengan butir-butir yang lebih besar menyebabkan ukuran butir menjadi besar. Efek keseluruhan adalah pertumbuhan butir [8]. Hasil penelitian ini sama seperti hasil penelitian yang telah diteliti oleh Zhu at.all. 2003, Allison, M. 2007, Zhong, at.all. 1994 dimana penelitiannya menggunakan material ferroelektrik Barium Titanat (BaTiO₃) dan Barium Strontium Titanat (BST), semakin tinggi suhu annealing semakin besar ukuran partikel BaTiO₃ dan BST [9-11].

V. KESIMPULAN

Sampel Barium Strontium Titanate, Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃ (BST) telah berhasil disediakan dengan menggunakan reaksi kimia padatan. Karakterisasi XRD menunjukkan dengan meningkatnya suhu annealing maka kristaline sampel semakin meningkat dengan struktur tetragonal. Karakterisasi SEM menunjukkan sampel adalah homogen dengan ukuran butiran partikel masing-masing pada suhu 600, 700 dan 800°C adalah 146,34nm, 195,65nm dan 214,29nm. Ukuran butiran sampel akan bertambah dengan bertambahnya suhu annealing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Riau atas bantuan dana desentralisasi tahun 2014.

PUSTAKA

- [1] Tanaka, T., Yamaguchi, T., Wakahara Akihiro dan Yoshida, A.. Effect of substrate temperature on properties of thin films prepared by RF sputtering from CuInSe₂ target with Na₂Se. *Thin Solid Films* 343-344, 1999, pp. 320-323.
- [2] Zhu, H., Miao, J., Noda, M. dan Okuyama, M. 2004. Preparation of BST ferroelectric thin film by metal organic decomposition for infrared sensor. *J. Sensors and Actuators A* 110, 2004, pp. 371-377.
- [3] Adikary, S.U. dan Chan, H.L.W. Ferroelectric and dielectric properties of sol-gel derived Ba_xSr_{1-x}TiO₃ thin films. *J. Thin solid Films* 424, 2003, pp. 70-74.
- [4] Majed, S.M. dan Naik. R. Microstructure and ferroelectric properties of fine-grained Ba_xSr_{1-x}TiO₃ thin films prepared by metal organic decomposition. *J. Mater. Res.*, 10, 1996, pp. 2588-2593.
- [5] Miyasaka, Y dan Matsubara, S. Proc. 7th International Symp. On the Applications of Ferroelctrics, (IEEE, New York.) 1991, pp.121.
- [6] Samantaray, C.B., Sim, H. dan Hwang, H. First-principles study of electronic structure and optical properties of barium strontium titanates (Ba_xSr_{1-x}TiO₃). *Applied Surface Science* 250, 2005, pp. 146-151
- [7] Fu, X., Shan, L., Ding, B., Hiu, W., Fang, Z., dan Fu, Z. Progress of (Sr, Ba)TiO₃ ferroelectric thin film and tunability. *Bull. Mate. Sci.* 27(5), 2004, pp. 433-439.
- [8] Van, V. L.H. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Terjemahan Djaprie. Penerbit Erlangga, Jakarta. 2004.
- [9] Zhu X, Lu S., Chan H. L. W., Choy C. L., Wong K. H., Microstructures and Dielectric Properties of Compositionally Graded (Ba_{1-x}Sr_x) TiO₃ thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposition, *Appl. Phys. A* 76, 2003, pp 225-229
- [10] Allison, M. *Metrology and Analysis of Nano-Particulate Barium Titanate Dielectric Material*, Master of Science, Department of Electrical and Computer Engineering College of Engineering. Kansas State University, Manhattan, Kansas. 2007
- [11] Zhong, W., Zhang, P., Wang Y. dan Ren. T., Size Effect on the Dielectric Properties of BaTiO₃, *Ferroelectrics*, vol. 160, 1994 pp. 55-59.