

KARAKTERISASI DIFFRAKSI SINAR-X (XRD) MATERIAL FERROELEKTRIK BARIUM TITANAT (BaTiO_3)

Rahmi Dewi¹, Krisman¹, Usman Mali-k¹, Fauzan²
Jurusan Fisika FMIPA-Universitas Riau
e-mail : drahmi2002@yahoo.com

ABSTRACT

Ferroelectric material Barium Titanat (BaTiO_3) has been made with the comparison of 1:1 from chemical reaction of Barium Carbonat (BaCO_3) and Oxide Titanium (TiO_2). The sample at pra-sinter at temperature of 400°C and printed in the form of pellets. The pellet were anneled with the temperature of 700°C and then characterized using XRD. The results of characterization using XRD was described on a graph between the intensity versus 2θ angle. The XRD results BaTiO_3 before annealing does not show any peaks, this mean that the structure of BaTiO_3 before annealing is amorfus structure. The XRD result BaTiO_3 after annealing showed some peaks, the positions of the peaks on 2θ are 23.32° , 32.72° , 38.40° , 45.52° , 52.04° , 57.80° . After annealing, the peaks become wider, this mean the samples become crystalline in structure. At standard temperature (0°C to 320°C) the samples of BaTiO_3 has tetragonal form but on the temperature 700°C after being annealed it changed into Cubic.

Keywords: *Characterization XRD; BaTiO_3 ; Anelling Temperature*

PENDAHULUAN

Barium titanat (BaTiO_3), pertama kali diteliti pada awal tahun 1940an oleh peneliti-peneliti dari Amerika, Jepang dan Rusia. BaTiO_3 pada saat ini merupakan material ferroelektrik yang sangat cepat perkembangan penelitiannya. Hal ini menarik karena barium titanat mempunyai

struktur kristal *perovskite* yang sederhana, hal ini dapat mempermudah pemahaman tentang material ferroelektrik itu sendiri. Barium titanat mudah diaplikasi karena dalam segi kimia maupun mekanik lebih stabil dan mempunyai temperatur curie yang mendekati temperatur kamar dibandingkan material ferroelektrik lainnya.

Aplikasi dari barium titanat antara lain sebagai kapasitor baik sebagai kapasitor multilayer maupun kapasitor *single layer*, sebagai sensor tekanan dan sensor suhu.

BaTiO₃ merupakan satu contoh bahan keramik elektronik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang. BaTiO₃ mempunyai sifat-sifat elektrik yang menarik. BaTiO₃ merupakan salah satu dasar yang penting dalam kumpulan keramik ferroelektrik dan digunakan secara meluas dalam industri elektronika terutamanya menghasilkan komponen-komponen elektronika seperti kapasitor dielektrik dan transduser. Hal ini disebabkan karena ciri-ciri ferroelektriknya yang unik yaitu konstanta elektrik pada salah satu suhu peralihannya adalah tinggi. Suhu ini biasanya dikenal dengan sebutan suhu Curie, T_c. Kapasitor-kapasitor yang dihasilkan berukuran kecil tetapi mempunyai kemampuan menyimpan arus yang tinggi sehingga dapat meningkatkan mutu rangkaian elektronika.

BaTiO₃ merupakan bahan keramik yang mengandung dua jenis atom logam dan mempunyai struktur perovskite ABO₃. Jarak-jarak ion Ti⁴⁺ lebih dekat dari pada jarak ion-ion Ba²⁺ . di bawah suhu 120°C,

struktur BaTiO₃ mempunyai bentuk tetragonal dan terdapat sedikit perpindahan kedudukan ion-ion Ti⁴⁺ dan O²⁻ merujuk pada ion Ba²⁺ di sudut kubus oleh sebab ion-ion Ti⁴⁺ dan O²⁻ berpindah pada arah yang berlawanan., maka pusat inti bagi ion-ion positif dan negatif tidak lagi berhimpitan. Sel unit mempunyai simetri tetragonal dan arah perpindahan bisa dianggap keatas atau kebawah, ke kiri atau ke kanan berdasarkan arah yg dipertimbangkan. Perpindahan ini menghasilkan sifat penting BaTiO₃ sebagai bahan dielektrik dan piezoelektrik (Mustaffa 1991).

Dalam penelitian ini BaTiO₃ di karakterisasi menggunakan XRD. Bahan BaTiO₃ dalam penelitian disediakan dengan menggunakan metode teknik reaksi kimia karena metode ini lebih mudah dan murah dilakukan. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan XRD untuk melihat struktur dari sampel.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, Alat dan bahan yang digunakan dalam karakterisasi mikrostruktur feroelektrik material

BaTiO₃ adalah Barium Karbonat (BaCO₃) dan Titanium Oksida (TiO₂) sebagai bahan utama dalam pembuatan BaTiO₃.

Adapun prosedur penelitian ini adalah serbuk BaCO₃ dan serbuk TiO₂ ditimbang dan di buat dengan massa yang sama dengan perbandingan 1:1 kemudian serbuk yang telah memiliki ukuran yang sama dicampurkan dengan variasi perbandingan campuran (BaCO₃:TiO₂, 1:1) Kemudian diaduk dan di kisar selama 20 menit agar serbuk tercampur rata. Serbuk BaCO₃ dan serbuk TiO₂ yang telah dicampur dengan perbandingan (BaCO₃:TiO₂, 1:1) maka di panaskan atau di pra-sinter menggunakan furnace agar bahan tersebut menjadi steril dan kering selama 15 menit dengan suhu 400⁰C. Kemudian di cetak, pencetakan campuran antara serbuk BaCO₃ dan TiO₂ di lakukan dengan menggunakan alat cetakan press. Sehingga menjadi pelet BaTiO₃ dengan tekanan 8 ton. Pelet BaTiO₃ yang telah jadi kemudian di aneling supaya bahan menyatu sepenuhnya dengan suhu 700⁰C selama 1 jam untuk mendapatkan bahan yg kristaline. Pelet BaTiO₃ yang telah jadi kemudian di karakterisasi menggunakan XRD untuk melihat struktur

sampel. Setelah dapat data XRD maka dari data tersebut dapat kita tentukan nilai d_{hkl} dan nilai a dari bahan BaTiO₃ tersebut.

Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

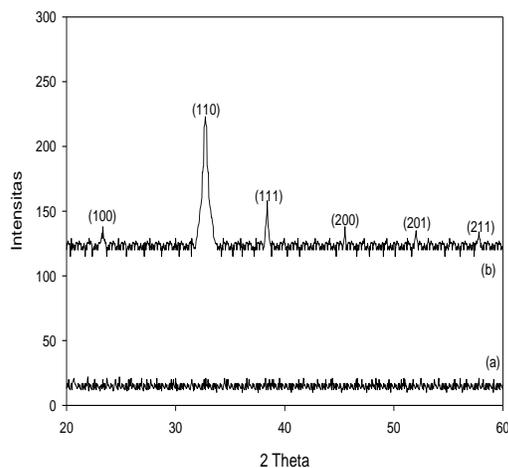
Dari persamaan Bragg tersebut dapat kita tentukan nilai d_{hkl}. Kemudian Untuk kristal kubik dengan kisi konstan, maka jarak d_{hkl} adalah:

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

Dari persamaan diatas dapat kita tentukan nilai a dari struktur sampel BaTiO₃.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan analisa difraksi sinar-X, maka di peroleh pola difraksi dari pelet BaTiO₃ dengan sudut pencacah (2θ) antara 20⁰ hingga 60⁰ dari interval tiap pencacah 0.004 , serta panjang gelombang (λ) = 1.5404 Å. Dari data yang di peroleh ,di dapat pola difraksi sinar-x sebagai berikut:



Gambar 1. Pola XRD BaTiO₃ (a) Pola XRD BaTiO₃ sebelum diannealing, (b) Pola XRD BaTiO₃ setelah diannealing suhu 700^oC.

Gambar 1. Menunjukkan pola Difraksi Sinar-X BaTiO₃ sebelum diannealing dan Difraksi Sinar-X BaTiO₃ setelah diannealing. Terlihat bahwa BaTiO₃ yang sebelum diannealing tidak memiliki puncak-puncak yang lebar, ini menunjukkan bahwa struktur BaTiO₃ yang sebelum diannealing mempunyai struktur amorf yang berarti memiliki susunan partikel yang tidak beraturan. Sedangkan pada BaTiO₃ yang sesudah diannealing diketahui memiliki beberapa puncak yang lebar sesuai dengan bidang 100 disudut $2\theta = 23,32^\circ$, bidang 110

disudut $2\theta = 32,72^\circ$, bidang 111 disudut $2\theta = 38,40^\circ$, bidang 200 disudut $2\theta = 45,52^\circ$, bidang 201 disudut $2\theta = 52,04^\circ$, bidang 211 disudut $2\theta = 57,80^\circ$. Puncak – puncak yang lebar ini menunjukkan bahwa BaTiO₃ yang telah diannealing mempunyai struktur Kristalin yang berarti memiliki susunan partikel yang beraturan.

Puncak puncak yang terbentuk dari difraksi sinar-X pada sampel BaTiO₃ sesuai dengan bidang yang telah ditetapkan ASTM (American Standard Testing and Material) yaitu bidang bidang 100 di sekitar sudut $2\theta = 23,32^\circ$, bidang 110 di sekitar sudut $2\theta = 32,72^\circ$, bidang 111 di sekitar sudut $2\theta = 38,40^\circ$, bidang 200 di sekitar sudut $2\theta = 45,52^\circ$, bidang 201 di sekitar sudut $2\theta = 52,04^\circ$, bidang 211 di sekitar sudut $2\theta = 57,80^\circ$.

Pada suhu standar sampel BaTiO₃ memiliki bentuk bidang tetragonal pada suhu standar dan pada pada suhu 700^oC setelah di aneling bentuk bidang nya akan berubah menjadi kubik. Sampel BaTiO₃ memiliki beberapa fase transisi yaitu pada suhu antara 5^oC sampai suhu 320^oC struktur BaTiO₃ berbentuk tetragonal dan pada suhu antara 320^oC sampai suhu 1480^oC struktur BaTiO₃ berbentuk kubik (Newnham 1983).

Pada suhu standar sampel BaTiO₃ Memiliki struktur tetragonal dengan $a = b \neq c$ dan memiliki nilai $a = b = 3,992 \text{ \AA}$ dan $c = 1,010 \text{ \AA}$ dan setelah di aneling dengan suhu 700°C struktur sampel BaTiO₃ berubah menjadi kubik sehingga nilai $a = b = c$ dan memiliki nilai $a = b = c = 3,992 \text{ \AA}$ (Yuhuan Xu 1991).

Dari data diatas dapat di tentukan nilai d_{hkl} dari tiap puncak-puncak yang terbentuk dengan memakai persamaan (1).

Dari data diatas didapat sudut 2θ dari puncak-puncak nya maka sudut θ yaitu:

Tabel 1. Nilai θ dari data yang didapat

2θ	θ
23,32	11,66
32,72	16,36
38,40	19,2
45,52	22,76
52,04	26,02
57,80	28,9

Dari nilai sudut θ tersebut dapat di cari nilai d_{hkl} nya karna nilai λ diketahui = 1.5404 Å menggunakan persamaan (1) .nilai d_{hkl} dari setiap sudut puncak :

Tabel 2. Nilai d_{hkl} dri perhitungan menggunakan persmaan (1)

θ	d_{hkl}
11,66	3,81098
16,36	2,7350
19,2	2,3424
22,76	1,99121

26,02	1,99121
28,9	1,5939

Setelah didapat nilai d_{hkl} nya dari perhitungan diatas maka dapat pula kita menentukan nilai a menggunakan persamaan (2).

Dengan niali hkl diketahui dari setiap sudut puncak-puncak yang terbentuk yaitu:

Tabel 3. Nilai h,k,l dari data yang didapat

θ	H	k	l
11,66	1	0	0
16,36	1	1	0
19,2	1	1	1
22,76	2	0	0
26,02	2	0	1
28,9	2	1	1

Dari nilai d_{hkl} dan nilai hkl nya maka kita dapat mencari nilai a dari masing-masing puncak yang terbentuk dengan persamaan (2). Nilai a dari masing-masing puncak adalah:

Tabel 4. Nilai a yang didapat dari peersamaan (2)

d_{hkl}	a (Å)
3,81098	3,81098
2,7350	3,8678
2,3424	4,05
1,99121	3,9824
1,99121	3,926
1,5939	3,904

Dari nilai a diatas maka kita dapat merata-ratakan nilai a yang di peroleh yaitu:

$$a_{rata-rata} = 3,9325\text{\AA}$$

Dengan nilai a yang didapat kita dapat menghitung persentase kesalahan dengan membandingkan nilai a yang telah ditetapkan ASTM. Nilai a yang ditetapkan ASTM untuk BaTiO_3 adalah $3,992\text{\AA}$ kemudian kita cari persentase kesalahan dengan rumus:

$$\%kesalahan = \frac{a - a_{rata-rata}}{a} \times 100\%$$

$$\%kesalahan = \frac{3,992 - 3,9325}{3,992} \times 100\%$$

$$\%kesalahan = 1,4\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan: Sampel BaTiO_3 yang sebelum dianneling tidak memiliki puncak-puncak yang lebar, ini menunjukkan bahwa struktur BaTiO_3 yang sebelum dianneling mempunyai struktur amorfus dan memiliki bidang tetragonal, sedangkan sampel BaTiO_3 yang sesudah dianneling diketahui memiliki beberapa puncak yang lebar ini menunjukkan bahwa

BaTiO_3 yang telah dianneling mempunyai struktur Kristalin dan memiliki bidang kubik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alison, M., 2007. Metrologi and Analysis Of Nano-Partikulate Barium Titanate Dielectric Material. Kansas State University. Manhattan, Kansas. B.S., Kansas State University.
- Ginting, M., 2003. *Fisika Zat Padat I*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Halliday & Resnick. (terjemahan pantur silaban). (1984). *Fisika*. jilid 2. Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Hennings, D, G. Rosenstein, & H. Schreinemacher. 1991. Hydrothermal Preparation of Barium Titanate from Barium-Titanium Acetate Gel Precursors. *J. European Ceramic Soc.* 8:107-115
- Hsiao-lin, wang. *Structure And Dielectric Properties of Perovskite Barium Titanate (BaTiO3)*. Dec 04, 2002. Sanjose State University.
- Hwu, J.M, W.H. Yu, W.C. Yang, Y.W. Chen, & Y.Y. Chou. 2005. Characterization of dielectric barium titanate powders prepared by homogeneous precipitation chemical

- reaction for embedded capacitor applications. *Materials Res. Bull.* 40:1662-1679
- Jamaludin, K. 2010. *X-RD (X-Ray Diffractions)*. Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Haluoleo. Kendari.
- Jung, Y.J, D.Y. Lim, J.S. Nho, S.B. Cho, R.E. Riman, & B.W. Lee. 2005. Glycothermal synthesis and characterization of tetragonal barium titanate. *J. Crystal Growth* 274:638-652
- Henh L.L. & West L.K Principle of elektronik ceramics. (Jhon Wiley & Sons, Inc., 1990), hal 244-247.
- Kwon, S.W & D.H. Yoon. 2007. Effects of heat treatment and particle size on the tetragonality of nano-sized barium titanate powder. *Ceramics International* 33:1357-136
- Sartono, A.A., 2006. Difraksi sinar-X (X-RD). Tugas Akhir Matakuliah Proyek Laboratorium. Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia/tlplib/xray-diffraction/singlecrystal.php. [12 Maret 2008].
- Suwutra, Nyoman. 1989. *Pengantar Fisika Zat Padat*. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. Jakarta.
- Tipler, Paul A (1998). *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Edisi Ketiga Jakarta: Erlangga.
- Xu, Y. 1991. *Ferroelektrik Materials and Their Applications*. university of california. Los Angeles, CA, USA