

Pembuatan Material Ferroelektrik Barium Titanat (BaTiO_3) menggunakan Metode Kopresipitasi

Ramona Dyah Safitri, Yunita Subarwanti, Agus Supriyanto, Anif Jamaluddin, dan Yofentina Iriani*
Jurusan Ilmu Fisika Program Pascasarjan, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Kentingan, Surakarta 57126

Intisari

Sampel Barium titanat (BaTiO_3) telah dibuat dengan metode coprecipitation. Sampel disintering pada suhu 900°C dengan variasi waktu tahan 2, 3, dan 4 jam. Uji kekristalan dilakukan dengan instrumen *X-Ray Diffractometer* (XRD). Nilai konstanta dielektrik diperoleh melalui pengujian dengan RCL meter. Berdasarkan analisis hasil perhitungan, parameter kisi BaTiO_3 dengan waktu tahan 2 jam adalah $a = b = 4,0057$ nm, $c = 4,0124$ nm, parameter kisi untuk waktu tahan 3 jam adalah $a = b = 4,0124$ nm, $c = 4,0532$ nm dan parameter kisi untuk waktu tahan 4 jam adalah $a = b = 4,0105$ nm, $c = 4,0642$ nm. Struktur kristal yang didapatkan adalah tetragonal. Ukuran kristal sampel dengan waktu tahan 2 jam, 3 jam dan 4 jam adalah 25,5 nm, 27,2 nm dan 27,3 nm. Pengukuran konstanta dielektrik (K) dilakukan pada rentang frekuensi 1 kHz. Nilai K sampel dengan waktu tahan 2, 3, dan 4 jam adalah 90, 172 dan 184. Semakin lama waktu tahan sintering, konstanta dielektrik yang dihasilkan juga semakin besar sehingga kapasitansi sampel lebih besar.

ABSTRACT

Barium titanate BaTiO_3 samples have been prepared by coprecipitation method. Samples are sintered at 900°C with holding time to 2, 3 and 4 hours. Crystallization is test performed with X-Ray Diffractometer (XRD) instrument. Dielectric constant values are obtained by testing with RCL meter. Based on the analyzes of calculation results, for holding time 2 hours the lattice parameters of BaTiO_3 are $a = b = 4.0057$ nm, $c = 4.0124$ nm, lattice parameters with holding time 3 hours are $a = b = 3.9994$ nm; $c = 4.0532$ nm and lattice parameters 4 hours are $a = b = 4.0105$ nm, $c = 4.0642$. The crystal structure formed are tetragonal. The size of crytals samples with holding time 2, 3 and 4 hours are 25.5 nm, 27.2 nm and 27,3 nm respectifely. Measurement of dielectric constants is performed in the range of frequency 1kHz. Rated dielectric constant samples with holding time 2, 3 and 4 hours are 90, 172 and 184. The dielectric constant is directly proportional to the time of sintering, therefore capacitance of samples are large.

KATA KUNCI: Barium titanate, dielectric constant, coprecipitation, lattice parameter
<http://dx.doi.org/10.12962/>

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dunia hampir setiap tahunnya mengalami kemajuan yang sangat pesat terutama dibidang elektronika. Ferroelektrik merupakan material elektronik khususnya dielektrik yang terpolarisasi spontan dan memiliki kemampuan untuk mengubah medan listrik. Polarisasi yang terjadi merupakan hasil dari penerapan medan yang mengakibatkan adanya suatu material ferroelektrik. Hubungan antara polarisasi listrik dan medan listrik pada bahan ditunjukkan oleh kurva histerisis [1].

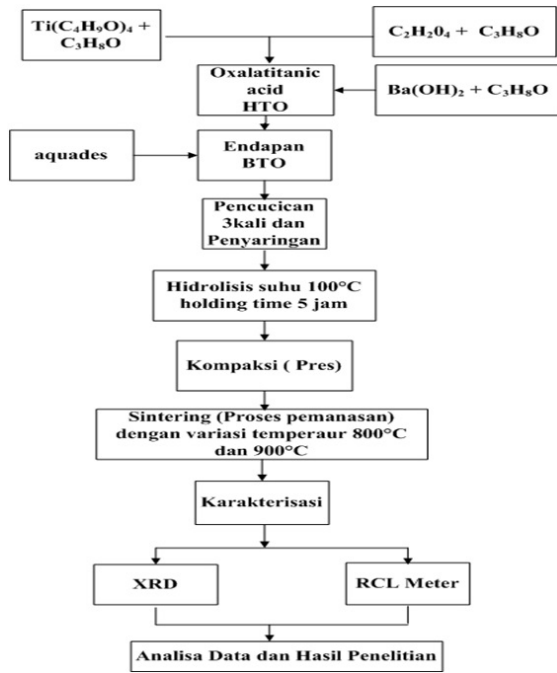
Material ferroelektrik berdasarkan sifat histerisis dan tetapan dielektrik yang tinggi dapat diterapkan pada sel memori *Dynamic Random Access Memory* (DRAM), sifat-sifat piezoelektrik dapat digunakan sebagai mikroaktuator dan sensor, sifat polaryzability dapat diterapkan sebagai *Non Volatile Ferroelectric Random Access Memory* (NVFRAM), sifat pyroelektrik dapat diterapkan pada sensor infra merah dan sifat

elektron optik dapat diterapkan pada infra merah dan sifat elektron optik dapat diterapkan pada switch termal infra merah [2].

Barium titanat (BaTiO_3) dengan struktur kristal perovskite tetragonal telah dikenal bersifat material ferroelektrik. Material ini telah banyak digunakan dibidang elektronik karena barium titanat lebih ramah dibandingkan material dielektrik lain, dan memiliki konstanta dielektrik yang tinggi [3]. Barium titanat mudah diaplikasikan dengan alasan bahwa barium titanat mempunyai sifat kimia dan sifat mekanik yang stabil. Barium titanat memiliki struktur kristal perovskite dengan rumus umum ABO_3 dimana A adalah ion-ion logam blik s,d atau f yang ukuran lebih besar, sedangkan B jari-jari atom kecil yang merupakan ion logam transisi dan untuk O_3 adalah oksigen [4].

Metode *coprecipitation* merupakan metode yang relatif sederhana yaitu dengan mencampurkan dua atau lebih material padatan dan cair yang berbeda kemudian dilakukan pengadukan secara konstan agar larutannya tercampur secara homogen dan menghasilkan suatu endapan. Tahap motode coprecipitation meliputi: penimbangan bahan atau material yang akan dilarutkan, homogenitasi, pengendapan larutan,

*E-MAIL: yopen_2005@gmail.com



Gambar 1: Diagram alir penelitian.

pencucian larutan, pengepresan dan sintering yang melibatkan proses difusi [5].

Pada makalah ini, metode yang digunakan pada pembuatan sampel BaTiO₃ adalah coprecipitation. Sampel BaTiO₃ disintering pada suhu 900°C dengan waktu tahan 2 jam dan 3 jam. Dari perbedaan waktu tahan sintering dapat dianalisa pengaruhnya terhadap konstanta dielektrik dan karakteristik struktur kristalnya.

II. METODOLOGI

Material BaTiO₃ dibuat dengan metode coprecipitation. Diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan BaTiO₃ adalah Ti(C₄H₉O)₄, C₂H₂O₄, Ba(OH)₂ setiap bahan dilarutkan dengan C₃H₈O. Pencampuran dilakukan menggunakan magnetic stirrer untuk mendapatkan larutan yang homogen. Larutan hasil pencampuran diendapkan kemudian dikompaksi (press) menggunakan alat hydraulic press. Proses sintering dilakukan pada suhu 900°C dengan haeters rate 10°C/ menit dengan waktu tahan 2 jam, 3 jam dan 4 jam menggunakan furnace. Sampel BaTiO₃ dikarakterisasi dengan instrumen XRD uji ini dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, serta tingkat kekristalan sampel. Hasil yang didapat berupa pola difraksi yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara sudut difraksi (2θ) dengan intensitas (I).

Pengolahan data menggunakan software *Origin* dan *Microsoft Excel 2007*. Data hasil XRD diplot di software *origin* sehingga muncul grafik yang menunjukkan puncak-puncak difraksi dari sampel. Puncak-puncak difraksi diband-

TABEL I: Intensitas BaTiO₃ untuk variasi waktu tahan dengan temperatur sintering 900°C.

Waktu tahan (jam)	Intensitas (count)
2	992
3	1015
4	9626

ingkan dengan database PCPDFWIN sehingga dapat diketahui puncak-puncak tersebut adalah difraksi dari sampel. Dari puncak-puncak difraksi dapat diketahui nilai *Full Half Maximum Width* (FWHM), struktur kristal, parameter kisi serta tingkat kekristalan dari sampel.

Ukuran kristal diperoleh melalui pengujian XRD. Data yang diperoleh dihitung menggunakan Pers.(1). Nilai FWHM (β) digunakan untuk menghitung ukuran butir kristal (D) dari setiap sampel dengan variasi waktu tahan yang berbeda. Nilai θ merupakan sudut difraksi sinar-X, k merupakan konstanta Scherer, dan λ merupakan panjang gelombang sinar-X [4].

$$\beta \cos\theta = \frac{k\lambda}{D} \quad (1)$$

Konstanta dielektrik diperoleh melalui pengujian dengan RLC meter digital (LCR-800 Series Gwinstek). Data yang diperoleh berupa nilai kapasitansi dan faktor disipasi. Nilai konstanta dielektrik dapat diketahui dengan Pers.(2), dimana K adalah nilai konstanta dielektrik, C adalah kapasitansi, A merupakan luasan sampel, d merupakan tebal sampel, dan ϵ_0 merupakan nilai konstanta permitivitas dielektrik ($8,85 \times 10^{-12}$ Farad.m⁻¹) [7].

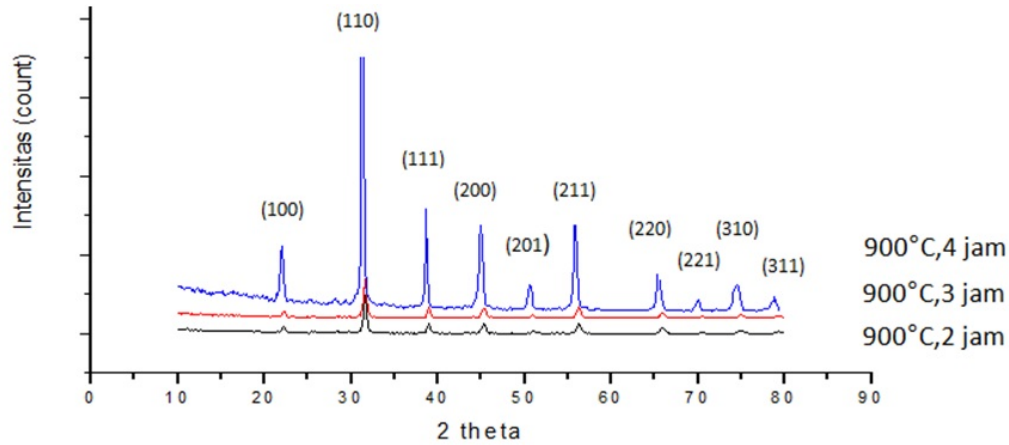
$$K = \frac{cd}{\epsilon_0 A} \quad (2)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3 menunjukkan pola difraksi sampel BaTiO₃ terbentuknya suatu bidang kristal pada karakterisasi menggunakan peralatan XRD diidentifikasi dengan munculnya puncak-puncak milik BaTiO₃ setelah dicocokkan ICDD-database PCPDFWIN dengan nomor #89-1428. Pada suhu 900°C waktu tahan 2, 3, dan 4 jam sudah terlihat unsur-unsur saling berikatan dan membentuk BaTiO₃ akibat vibrasi, struktur kristalin semakin baik dan tidak ada impuritasnya.

Tabel I menunjukkan perubahan nilai intensitas terhadap variasi waktu tahan 2, 3, dan 4 jam. Intensitas tertinggi berada pada bidang kristal (110). Seiring bertambahnya waktu tahan semakin naik intensitasnya. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu tahan maka atom-atom BaTiO₃ yang terbentuk semakin teratur sehingga sinar-X yang terdifraksi semakin banyak yang tertangkap oleh detektor.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel II, nilai parameter kisi untuk kedua variasi waktu tahan berbentuk tetragonal. Nilai tetragonalitas pada kedua variasi adalah sama. Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu tahan tidak mempengaruhi

Gambar 2: Pola difraksi BaTiO₃.TABEL II: Parameter kisi BaTiO₃ untuk variasi waktu tahan dengan temperatur sintering 900°C.

Waktu tahan (jam)	Parameter Kisi (nm)	a = b	c
2		4,0057	4,0994
3		4,0124	4,0532
4		4,0105	4,0642

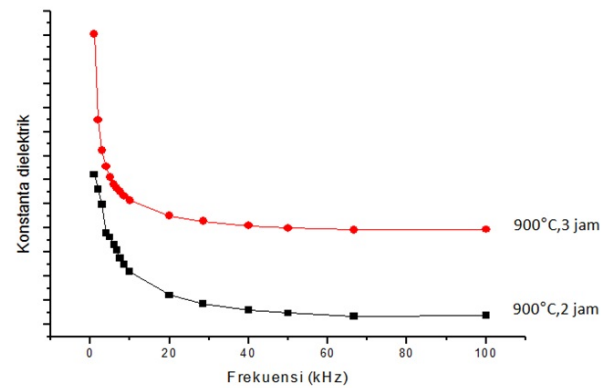
TABEL III: Ukuran kristal BaTiO₃ untuk variasi waktu tahan dengan temperatur sintering 900°C.

Waktu tahan (jam)	Ukuran kristal (nm)
2	25,5
3	27,2
4	27,3

tetragonalitas suatu kristal. Tingkat kekristalan BaTiO₃ dengan variasi waktu tahan 2 jam sebesar 96,27%, 3 jam sebesar 96,35% dan 4 jam sebesar 96,45%.

Ukuran kristal sampel dengan variasi waktu tahan 2 jam dan 3 jam lebih kecil dibandingkan dengan ukuran kristal sampel dengan waktu tahan 4 jam (Tabel III). Hal tersebut menunjukan bahwa pertumbuhan kristal semakin banyak seiring bertambahnya waktu tahan disebabkan adanya atom-atom yang terdifusi.

Pada Gambar ?? dapat dilihat bahwa nilai konstanta dielektrik sampel dengan variasi waktu tahan 4 jam lebih besar dibandingkan dengan sampel pada variasi waktu tahan 2 jam dan 3 jam. Pengukuran konstanta dielektrik (K) dilakukan pada rentang frekuensi 1 kHz. Nilai K sampel dengan suhu sintering 900°C waktu tahan 2,3, dan 4 jam adalah 90, 171 dan 184. Semakin lama waktu tahan sintering konstanta dielektrik yang dihasilkan juga semakin besar.

Gambar 3: Grafik respon konstanta terhadap perubahan frekuensi BaTiO₃.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa perbedaan waktu tahan sintering berpengaruh terhadap karakteristik BaTiO₃. Semakin lama waktu tahan sintering, intensitas yang diperoleh semakin meningkat. Suhu sintering yang digunakan adalah 900°C. Semakin lama waktu tahan intensitas yang diperoleh semakin besar, pada waktu tahan 2 jam intensitasnya sebesar 992, sedangkan pada waktu tahan 3 jam intensitasnya 1015 dan pada waktu tahan 4 jam sebesar 9626. Ukuran kristal sampel dengan waktu tahan 2 jam, 3 jam dan 4 jam adalah 25,5 nm, 27,2 nm dan 27,3 nm. Konstanta dielektrik sampel yang didapatkan adalah sebesar 90 untuk waktu tahan 2 jam, 171 untuk 3 jam dan 184 untuk waktu tahan 4 jam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih atas kerjasama dan dukungan dana melalui Hibah Penelitian Unggulan Perguruan

Tinggi Kementerian Riset Teknologi dan Dikti 2016.

- [1] K. Uchino, *Ferroelektrik Devices* (Marcel Dekker, Inc., USA, 2000).
- [2] S. Hadiati, *dkk.*, *Jurnal dan Aplikasinya*, **10**(1), 37-43 (2004).
- [3] M. Istiqomah, A. Jamaluddin, dan Y. Iriani, *Jurnal Fisika Indonesia*, **XVII**(53), 1410-2994 (2004).
- [4] W.D. Callister, Jr., and D.G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering an Introduction* (John Willey & Sons, Inc., New York, 2010).
- [5] Y.B. Kholam, *et al.*, *Material Letters*, **55**, 175-181 (2002).
- [6] W.D. Callister, *Material Science and Engineering an Introduction* (John Willey & Sons, Inc. New York, 2003).
- [7] R.A. Serway, and J.W. Jewwet, *Physics for Scientist & Engineers* (6th Edition, Thomson Brooks/Cole, United States of America, 2004).