

## PENGARUH PENAMBAHAN SrTiO<sub>3</sub> PADA STRUKTUR DAN SIFAT LISTRIK BAHAN PIEZOELEKTRIK BNT-BT

**Uchi Delfia<sup>1</sup>, Alimin Mahyudin<sup>1</sup>, Syahfandi Ahda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN-BATAN)

Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

*e-mail* : uchidelfia@gmail.com, aliminmahyudin@fmipa.unand.ac.id, ahda@batan.go.id

### ABSTRAK

Sintesis bahan piezoelektrik BNT-BT dengan menambah SrTiO<sub>3</sub> telah dilakukan dengan menggunakan metode *solid state reaction*. Parameter yang digunakan pada metode ini diantaranya penggerusan selama 4 jam, kompaksi dengan tekanan 5000 psi, kalsinasi selama 1 jam pada suhu 300°C dan sintering pada suhu 1000°C selama 4 jam. Pada penelitian ini dilakukan variasi terhadap persentase SrTiO<sub>3</sub> sebesar 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Sampel dikarakterisasi menggunakan LCR meter dan STA. Hasil karakterisasi LCR menunjukkan pada penambahan 7,5% ST terdapat lonjakan tajam pada nilai konstanta dielektrik yaitu sebesar 3625, begitupun untuk nilai temperatur curienya sebesar 400°C. Hasil karakterisasi STA menunjukkan nilai onset tertinggi yang diindikasikan sebagai daerah perubahan fasa dari feroelektrik ke paraelektrik berada pada penambahan 7,5% mol ST. Ini memperkuat kemungkinan bahwa daerah MPB (*Morphotropic Phase Boundary*) berada pada penambahan 7,5% mol ST untuk bahan BNT-BT-ST.

Kata Kunci : *Solid State Reaction*, Feroelektrik, Paraelektrik, MPB

### ABSTRACT

*The research on synthesis of BNT-BT piezoelectric material with addition SrTiO<sub>3</sub> have been carried out by using solid state reaction method. In this research, samples were made by using these parameters, 4 hours millings, compaction on 5000 psi, calcination on 300°C and sintering on 1000°C for 4 hours. Samples were performed into four variations by doped 2,5%, 5%, 7,5% and 10% of SrTiO<sub>3</sub>. Every sample was characterized by STA and LCR. Based on LCR, the addition of 7.5% ST is a sharp spike in the value of the dielectric constant is equal to 3625, as well as to the value of its curie temperature of 400°C. STA results showed that the highest value on set is indicated as the phase change area of feroelectric to paraelectric in addition of 7.5 mol% ST. Its strengthen the possibility that the MPB region (Morphotropic Phase Boundary) is in the addition of 7.5 mol% of ST for materials BNT-BT-ST.*

*Keyword* : *Solid State Reaction*, *feroelektrik*, *Paraelektrik*, *MPB*

## I. PENDAHULUAN

Bahan piezoelektrik merupakan suatu bahan keramik yang sangat menarik untuk diteliti dan dikembangkan karena memiliki kemampuan membangkitkan muatan listrik dalam merespon tegangan mekanis akibat pemberian tekanan mekanik antara kedua sisi. Begitu juga sebaliknya dapat membangkitkan regangan mekanis dalam merespon medan listrik yang terapkan pada bahan. Bahan piezoelektrik banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang industri, salah satu aplikasinya adalah pada pemantik korek api. Bahan piezoelektrik yang banyak digunakan berasal dari PZT (PbZrTiO<sub>3</sub>), karena PZT memiliki temperatur curie dan konstanta dielektrik tinggi. Akan tetapi PZT mengandung timbal yang berbahaya bagi lingkungan apabila diproduksi dalam jumlah yang banyak.

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan piezoelektrik yang mengandung timbal, maka dilakukanlah penelitian dan pengembangan terhadap bahan piezoelektrik bebas timbal. Salah satu alternatif pengganti yang sedang banyak diteliti dan dikembangkan adalah BNT (Bi<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub>), karena BNT merupakan bahan feroelektrik dengan struktur yang kuat. BNT juga memiliki sifat piezoelektrik yang cukup baik dengan temperatur curienya 320°C, akan tetapi nilai ini masih jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan temperatur curie yang dimiliki oleh PZT. Nilai temperatur curie suatu bahan mempengaruhi kualitas bahan (Takenaka, 1991).

Modifikasi terhadap bahan BNT perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan itu sendiri, sehingga perlu penambahan dengan bahan-bahan lain. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Ciceron dengan menambahkan dopan BT ( $\text{BaTiO}_3$ ) terhadap bahan BNT dengan mempergunakan metode sol gel, didapatkan temperatur curie sebesar  $265^\circ\text{C}$  (Ciceron, 2011). Penelitian lainnya dengan memodifikasi BNT dengan menambahkan dopan ST ( $\text{SrTiO}_3$ ) juga telah dilakukan oleh Werner Krauss dengan menggunakan metode solid state reaction, didapatkan nilai temperatur curie sebesar  $335^\circ\text{C}$  (Werner, 2009). Nilai temperatur curie yang didapatkan dari kedua penelitian ini masih jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan temperatur curie yang dimiliki oleh bahan PZT.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi BNT dengan menambah dopan BT dan ST. Sintesis yang dilakukan dengan membuat persentase mol dari BT tetap dan memvariasikan persentase mol ST. Kedua dopan mempengaruhi posisi atom A dalam struktur *perovskite*  $\text{ABO}_3$  yang berada di pojok-pojok kubik. Terganggunya posisi atom A ini diharapkan dapat memperbesar ketidaksimetrisan antar atom sehingga momen dipol total antar atom semakin besar, yang membuat terjadinya perubahan struktur dan sifat listrik bahan menjadi semakin baik.

## II. METODE

Sintesis BNT-BT-ST dimulai dengan menimbang bahan ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ) selanjutnya dilakukan pencampuran bahan dasar  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$  stokiometri dengan variasi % ST sesuai dengan Persamaan 1:



Tabel 1 Massa bahan dasar berdasarkan variasi % mol  $\text{SrTiO}_3$

Mol $\text{SrTiO}_3$	Massa pelet				
	$\text{Bi}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{BaCO}_3$	$\text{SrTiO}_3$
0,025	0,8	0,1819	0,5488	0,0732	0,0340
0,05	0,8	0,1819	0,5488	0,0752	0,0700
0,075	1	0,2274	0,6860	0,0968	0,1350
0,1	1	0,2274	0,6861	0,0996	0,1853

Penelitian ini menggunakan metode kering atau lebih dikenal dengan metode reaksi padat (*solid state reaction*). Penelitian ini diawali dengan proses penggerusan yang bertujuan untuk homogenisasi bahan dan membuat semua bahan dasar tercampur. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mortar selama 4 jam. Selanjutnya, kompaksi untuk memperkecil rongga antar bahan yang masih ada pada saat dilakukan penggerusan. Kompaksi dilakukan menggunakan alat kompaksi (*hydraulic press*) dengan memberikan tekanan sebesar 5000 psi. Setelah sampel dikompaksi, selanjutnya sampel dikalsinasi selama 1 jam dengan suhu  $300^\circ\text{C}$ . Kalsinasi bertujuan untuk menguapkan kontaminan-kontaminan dari luar selama transportasi sampel pada saat penimbangan, penggerusan dan kompaksi. Selanjutnya, dilakukan sintering pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Pada sintering terjadi proses kimia antar bahan dasar sehingga menghasilkan kualitas bahan yang lebih tinggi.

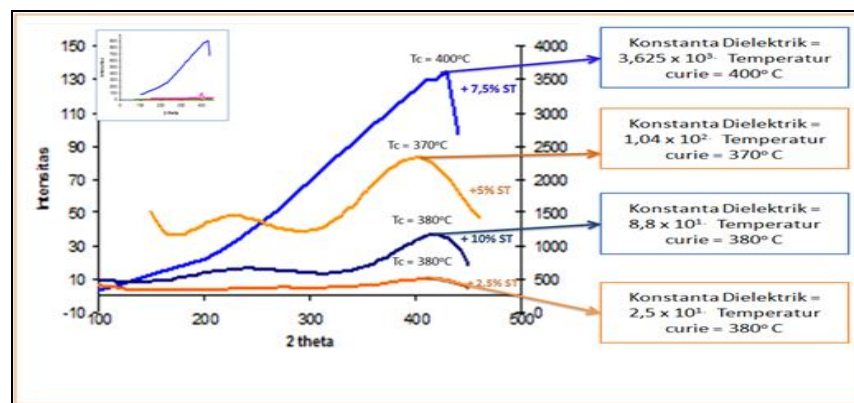
Sampel dikarakterisasi menggunakan alat LCR (*inductor capacitor resistor*) dan STA (*simultaneous thermal analysis*). Karakterisasi menggunakan alat LCR meter digunakan untuk menentukan konstanta dielektrik, temperatur curie dan frekuensi diri bahan piezoelektrik. Bahan dipanaskan menggunakan *furnace* yang disambungkan dengan LCR meter untuk menentukan nilai kapasitansi (C). Bahan dipanaskan dari suhu rendah sampai suhu tinggi, dengan demikian dapat ditentukan nilai kapasitansi tertinggi bahan tersebut. Nilai kapasitansi tertinggi yang terukur kemudian diubah menjadi konstanta dielektrik. Suhu pada saat didapatkan nilai konstanta dielektrik menunjukkan nilai temperatur curie dari bahan tersebut. Selanjutnya hasil karakterisasi digunakan untuk melihat perubahan struktur yang terjadi melalui analisa termal.

Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan pengukuran terhadap nilai DTA. Pengukuran dilakukan pada suhu 300°C sampai dengan suhu 600°C.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Konstanta Dielektrik Bahan Piezoelektrik BNT-BT-ST

Penentuan nilai konstanta dielektrik dilakukan pada temperatur yang berbeda. Pengukuran dapat dilakukan jika kenaikan temperatur stabil. Furnace yang digunakan pada penelitian ini memiliki display yang tidak stabil pada saat temperatur naik, tetapi pada saat temperatur turun display lebih stabil, sehingga pengukuran dilakukan dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Grafik hubungan antara temperatur dengan konstanta dielektrik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hubungan temperatur dan konstanta dielektrik pada beberapa variasi penambahan % mol ST berdasarkan karakterisasi LCR

Pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai konstanta dielektrik pada puncak tertinggi yang mengalami kenaikan pada penambahan 2,5% sampai 7,5% mol ST. Nilai konstanta dielektrik pada penambahan 2,5% mol ST adalah 25, pada penambahan 5% mol ST konstanta dielektrik bernilai 104, dan ketika ditambah 7,5% ST konstanta dielektrik bernilai 3625. Terlihat adanya kenaikan tajam terjadi pada penambahan 7,5% mol ST. Nilai konstanta dielektrik mengalami penurunan pada saat penambahan 10% ST. Dalam hal ini dapat dipersempit kemungkinan bahwa daerah MPB (*Morphotropic Phase Boundary*) berada pada penambahan 7,5% ST. Pada daerah MPB (*Morphotropic Phase Boundary*) nilai konstanta dielektrik suatu bahan piezoelektrik melonjak lebih tinggi (Wahyudi, 2009). Berdasarkan penelitian ini terlihat konstanta dielektrik tiga puluh kali lebih tinggi pada penambahan 7,5% ST, dan pada penambahan 10% ST konstanta dielektrik mengalami penurunan. Pada penambahan 10% ST konstanta dielektrik bernilai 88.

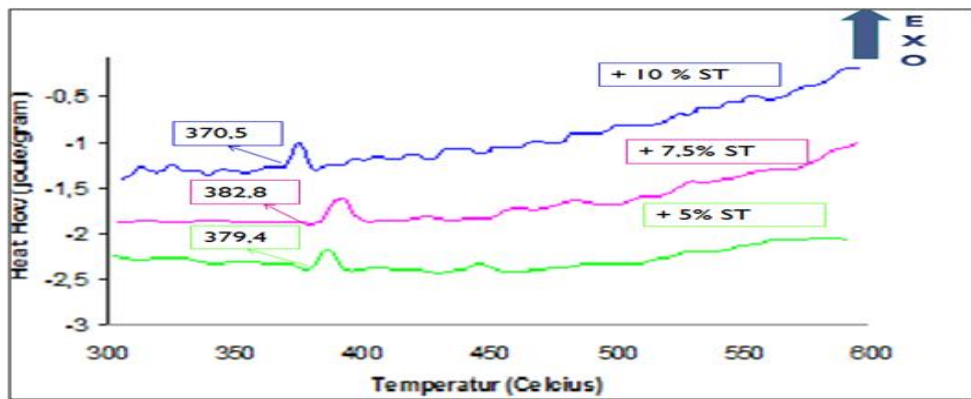
#### 3.2 Temperatur Curie Bahan Piezoelektrik BNT-BT-ST

Kualitas bahan piezoelektrik terlihat dari nilai temperatur curie yang dimiliki bahan. Semakin tinggi temperatur curie maka bahan tersebut dapat diaplikasikan pada suhu yang tinggi. Nilai temperatur curie suatu bahan ditentukan berdasarkan perhitungan konstanta dielektrik. Temperatur curie bahan dapat terlihat dari kapasitansi maksimum, pada saat ini nilai kapasitansi mulai menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Werner Krauss dengan mensintesis BNT-ST menggunakan metode solid state reaction didapatkan nilai temperatur curie sebesar 335°C, sedangkan penelitian dengan mensintesis BNT-BT yang dilakukan oleh Ciceron didapatkan nilai temperatur curie sebesar 265°C. Penelitian dilakukan dengan menggabungkan BNT-BT-ST dengan memvariasikan persentase mol ST, dimulai dari 2,5% mol, 5% mol, 7,5% mol, dan 10% mol ST diperoleh nilai temperatur curie yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan BNT-BT ataupun BNT-ST. Nilai temperatur curie pada variasi penambahan ST ini dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 terlihat nilai temperatur curie bahan piezoelektrik BNT-BT-ST pada variasi penambahan 2,5% , 5%, 7,5%,

dan 10% mol ST. Temperatur curie pada penambahan 2,5% mol ST berada pada temperatur 380°C, pada penambahan 5% terlihat temperatur curie berada pada temperatur 370°C. Penambahan 7,5% ST terlihat adanya kenaikan nilai temperatur curie sebesar 400°C. Disini terlihat temperatur curie tertinggi berada pada penambahan 7,5% ST, hal ini memperkuat asumsi bahwa daerah MPB berada pada penambahan 7,5% ST, karena pada daerah ini terdapat nilai temperatur curie yang lebih tinggi daripada variasi lainnya. Pada penambahan 10% ST terlihat nilai temperatur curie berada pada temperatur 380°C.

### 3.3 Analisis Termal dengan STA

Analisis termal dengan mempergunakan STA bertujuan untuk melihat perubahan fasa dari bahan. Dimana pada saat terjadinya perubahan fasa, bahan mengalami pelepasan panas, sehingga pada saat ini terjadilah perubahan struktur. Daerah onset sering diasumsikan sebagai tepat terjadinya perubahan struktur dari fasa 1 ke fasa 2, fasa 1 dan fasa 2 ini merupakan struktur kristal yang berbeda. Dalam hal ini pada temperatur 300°C sampai 400°C kristal memiliki struktur tetragonal. Pada penelitian ini diasumsikan perubahan fasa yang terjadi dari feroelektrik ke paraelektrik. Feroelektrik lebih bersifat asimetris, dengan keberadaan atom yang tidak simetris. Sedangkan paraelektrik lebih bersifat simetris. Dalam penelitian ini pada fasa feroelektriknya bahan berstruktur tetragonal, dan pada fasa paraelektrik bahan cenderung memiliki struktur kubik. Grafik antara aliran panas (heat flow) dan temperatur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Karakterisasi termal dengan STA pada variasi penambahan 5%, 7,5% dan 10% ST

Pada Gambar 2 terlihat penambahan 5% daerah onset berada pada temperatur 379,4°C, pada penambahan 7,5% daerah onset berada pada temperatur 382,8°C. Terlihat kenaikan temperatur untuk daerah onset dengan bertambah besarnya persentase mol ST. Namun setelah ditambah dengan 10% ST daerah onset berada pada temperatur yang lebih kecil dibandingkan dengan sebelumnya, karena penambahan 7,5% ST merupakan daerah MPB (*Morphotropic Phase Boundary*), semua sifat fisis maupun sifat listrik dari bahan piezoelektrik sendiri bernilai maksimum.

## IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah terbentuk bahan piezoelektrik BNT-BT-ST menggunakan metode solid state reaction. Berdasarkan karakterisasi dengan LCR meter didapatkan nilai konstanta dielektrik mengalami kenaikan dengan bertambahnya persentase ST yang dicampurkan ke dalam bahan piezoelektrik BNT-BT. Kenaikan tajam terjadi pada penambahan 7,5% ST. Bahan piezoelektrik BNT-BT-ST dengan variasi mol 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% memiliki temperatur curie sebesar 380°C, 370°C, 400°C, dan 380°C, sehingga dapat disimpulkan daerah MPB berada pada penambahan 7,5% ST.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahda, S, 2012, Sintesa dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan  $\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_2$  (BNT-BT) Sebagai Bahan Dasar Transduser Ultrasonik Untuk Keperluan Diagnosis Kesehatan, PTBIN-BATAN, serpong, Indonesia
- Ciceron, B, 2011, Structural and Electrical Properties of BNT-BT0.08 Ceramics Processed by Spark Plasma Sintering, World Academy of Science, Engineering and Technology
- Takenaka, 1991,  $(\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$  System for Lead-Free Piezoelectric Ceramics. Jpn. J. Appl. Phys. Pt. 1, 30, 2236-2239
- Wahyudi, 2009, Bahan piezoelektrik ramah lingkungan berbasis BNT-BT, Universitas Indonesia, Indonesia
- Werner, K, 2009, Piezoelectric properties and phase transition temperatures of the solid solution of  $(1-x)(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-xSrTiO}_3$ , Graz University of Technology, Christian Doppler Laboratory for Advance Ferroic Oxides, Stremayrgasse 16, 8010 Graz, Austria