

# STUDI AWAL PROSES PEMOLINGAN DAN KARAKTERISASI SIFAT LISTRIK BAHAN PIEZOELEKTRIK RAMAH LINGKUNGAN (0,95-x) Bi<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> - 0,05Ba<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> - xBi<sub>0,5</sub>K<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> (BNT-BT-BKT)

Arsal Chayri Iby<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 - Badan Tenaga Nuklir Nasional

e-mail : arsal\_hmi@yahoo.com

## ABSTRAK

Telah dilakukan studi awal proses pemolingan dan karakterisasi sifat listrik terhadap bahan piezoelektrik ramah lingkungan BNT-BT-BKT. Dalam penelitian ini, sintesis bahan dilakukan dengan metode *solid state reaction*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Bahan BNT-BT-BKT memiliki struktur kristal perovskite rhombohedral yang bersifat *hard ceramic*. Bahan piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT memiliki konstanta dielektrik  $1,29 \times 10^2$  dan temperatur Curie 428° C. Bahan piezoelektrik 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT memiliki konstanta dielektrik  $1,87 \times 10^2$  dan temperatur Curie 428° C. Dari hasil poling 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT didapatkan nilai frekuensi diri dan terlihat tegangan yang dihasilkan ketika dilakukan uji tekan terhadap bahan.

Kata kunci : BNT-BT-BKT, *hard ceramic*, poling.

## ABSTRACT

*The first study of poling process and characterization of electrical properties of environment friendly piezoelectric materials BNT-BT-BKT has been performed. In this study, synthesis of materials is done by using solid state reaction method. The analysis showed that the material BNT-BKT-BT has a rhombohedral perovskite crystal structure which is a hard ceramic. Piezoelectric materials 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT have dielectric constant  $1.29 \times 10^2$  and the Curie temperature 428° C. Piezoelectric materials 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT have dielectric constant  $1.87 \times 10^2$  and the Curie temperature 428° C. After poling process, 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT had natural frequency and produced voltage when the material was pressed.*

*Keyword: BNT-BT-BKT, hard ceramic, poling.*

## I. PENDAHULUAN

Piezoelektrik didefinisikan sebagai suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan atau regangan. Piezoelektrik adalah suatu efek yang reversibel, dimana terdapat efek piezoelektrik langsung (*direct piezoelectric effect*) yaitu produksi potensial listrik akibat adanya tekanan mekanik dan efek piezoelektrik balikan (*converse piezoelectric effect*) yaitu produksi tekanan akibat pemberian tegangan listrik yang menghasilkan perubahan dimensi (Triwahyuni, 2010).

Pemanfaatan bahan piezoelektrik dapat menghasilkan beda potensial yang cukup besar sehingga banyak digunakan sebagai sumber tegangan tinggi. Piezoelektrik sudah mulai digunakan di Jepang, tepatnya di stasiun kereta api listrik *East Japan Railway Company* (JR East) sebagai alternatif energi sistem *ticketing*, *display* keberangkatan, dan lampu penerangan. Pengaplikasian piezoelektrik tersebut dimisalkan jika satu langkah tekanan kaki yang dapat menyalakan lampu dengan daya 60 Watt selama satu detik, maka dengan sedikit perhitungan manajemen *JR East Station* yakin bahwa dengan lantai yang efektif diinjak sebesar 25 meter kuadrat maka akan menghasilkan daya sebesar 1400 kW. Energi ini dapat menjalankan satu buah kereta listrik (Saputri, 2011).

Material piezoelektrik yang saat ini banyak digunakan dan diproduksi adalah PZT karena memiliki sifat piezoelektrik yang sangat baik. PZT memiliki komposisi Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>, PZT yang mengandung unsur Timbal (Pb) dan berbahaya terhadap lingkungan jika diproduksi dalam skala besar. Oleh karena itu, penelitian terhadap material keramik piezoelektrik bebas timbal dengan alternatif material pengganti yang ramah lingkungan perlu dikembangkan. Salah satu alternatif material pengganti yang ramah lingkungan dan telah dikembangkan untuk material

piezoelektrik ini adalah Bismut Natrium Titanat (BNT). BNT merupakan bahan keramik yang memiliki sifat piezoelektrik yang cukup kuat, dapat diaplikasikan tanpa penambahan Pb.

Kualitas BNT masih di bawah PZT. Hal ini dapat dilihat dari besar temperatur Curie bahan tersebut. Temperatur Curie bahan piezoelektrik PZT adalah  $450^{\circ}\text{C}$ , sedangkan temperatur Curie bahan piezoelektrik BNT adalah  $320^{\circ}\text{C}$ . Semakin tinggi temperatur Curie suatu bahan maka bahan semakin baik kualitas bahan tersebut. Karena dapat diaplikasikan sampai batas temperatur Curie bahan tersebut (Takenaka, dkk, 1991).

Bahan BNT terus dimodifikasi dengan penambahan bahan-bahan lain seperti BT dan juga BKT. Penambahan bahan BT dan BKT pada material piezoelektrik ini diharapkan akan menghasilkan sifat piezoelektrik yang lebih kuat serta tetap merupakan bahan yang ramah lingkungan. Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan sintesis dengan metode *solid state reaction* terhadap bahan piezoelektrik BNT-BT-BKT, didapatkan struktur perovskite yang optimal pada campuran 0.90BNT-0.05BT-0.05BKT (Wang, dkk, 2004) dan pada campuran 0.93BNT-0.05BT-0.02BKT (Fahyuan, 2011).

Penelitian ini dilakukan dengan mensintesis bahan piezoelektrik BNT-BT-BKT dengan metode *solid state reaction* dan dilanjutkan dengan proses pemolangan serta karakterisasi sifat listrik bahan piezoelektrik BNT-BT-BKT. Bahan piezoelektrik BNT-BT-BKT memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan bahan piezoelektrik bebas Pb lainnya. Sebagai perbandingan dengan BNT-BT-KNN besar konstanta piezoelektriknya adalah  $d_{33} = 98 \text{ pc/N}$  (Hiruma, dkk, 2009). Sedangkan BNT-BT-BKT besar konstanta piezoelektriknya adalah  $d_{33} = 148 \text{ pc/N}$  (Wang, dkk, 2004).

## II. METODE

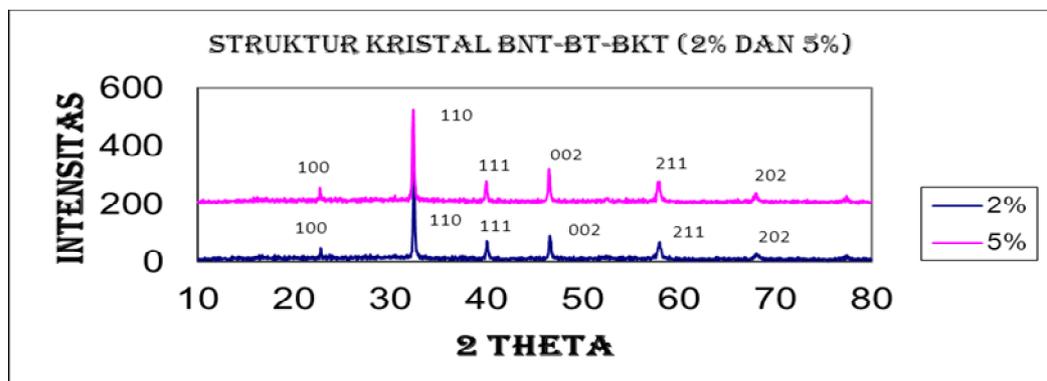
Adapun prosedur penelitian ini sebagai berikut:

1. Sintesis Bismuth Natrium Titanat – Barium Titanat – Bismuth Kalium Titanat (BNT-BT-BKT) dengan metode *solid state reaction*.
2. Menentukan pola difraksi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).
3. Menentukan nilai konstanta dielektrik dan temperatur Curie dari bahan BNT-BT-BKT.
4. Proses poling dan uji tekan terhadap bahan BNT-BT-BKT.
5. Menentukan nilai frekuensi diri dari bahan BNT-BT-BKT.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Pola Difraksi bahan BNT-BT-BKT

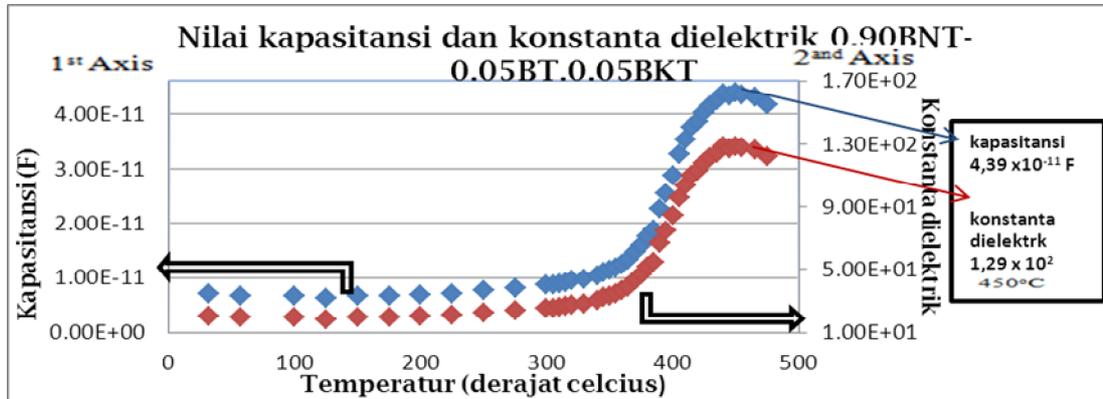
Berdasarkan Gambar 1 didapatkan hasil pola difraksi dari bahan piezoelektrik 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT dan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT dan memiliki bidang-bidang tertentu. Bahan dengan dopan BKT 2% memiliki ketinggian intensitas berbeda dengan bahan dopan BKT 5%, dimana bahan dengan dopan BKT 5% puncaknya lebih tinggi intensitasnya dibandingkan dengan bahan dopan BKT 2%. Puncak-puncak yang muncul karena sensitivitas alat yang dipakai dan juga efek permukaan sampel, karena tidak semua bidang (*hkl*) berada di permukaan.



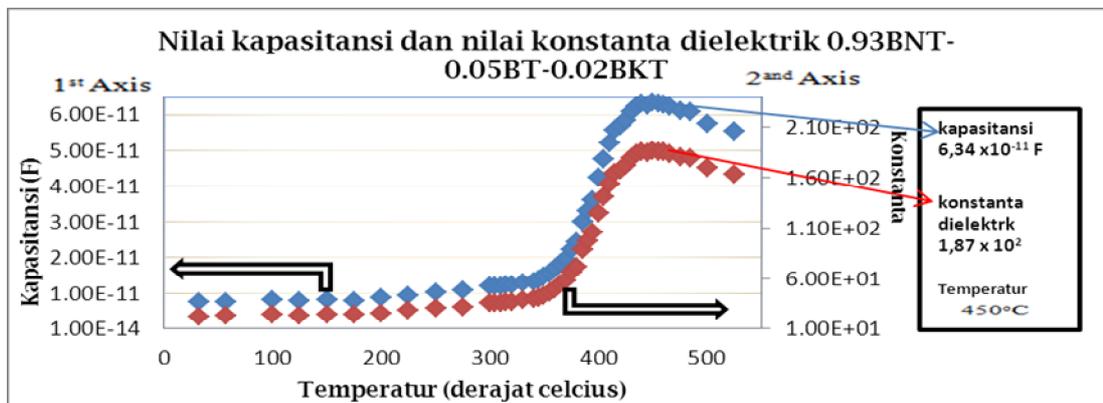
Gambar 1. Struktur Kristal 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT dan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT

### 3.2 Konstanta Dielektrik Bahan Piezoelektrik BNT-BT-BKT

Besarnya nilai konstanta dielektrik bahan 0,90BNT-0,05BT-0,05BT dan 0,93BNT-0,05BT-0,02BT dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



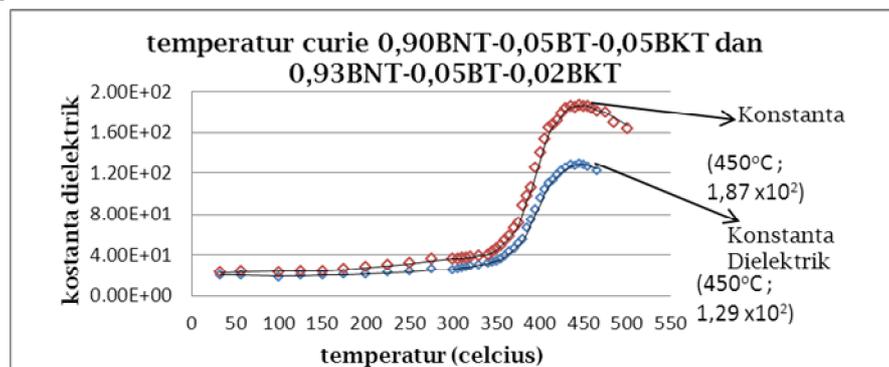
Gambar. 2. Nilai kapasitansi dan Konstanta dielektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT



Gambar 3. Nilai kapasitansi dan konstanta dielektrik 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT

Berdasarkan hasil pada Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dianalisa bahwa nilai kapasitansi ataupun konstanta dielektrik berubah berdasarkan perubahan suhu. Pada saat suhu 50° C sampai 350° C juga terjadi kenaikan nilai kapasitansi namun masih belum signifikan. Tetapi, pada saat suhu diatas 350° C terjadi kenaikan yang sangat tinggi sampai suhu 450° C dan setelah itu terjadi penurunan nilai kapasitansi. Hal ini menunjukkan bahwa ketika suhu diatas 450° C bahan piezoelektrik BNT-BT-BKT ini telah berubah fasa dari ferroelektrik menjadi paraelektrik.

### 3.3 Temperatur Curie Bahan Piezoelektrik BNT-BT-BKT

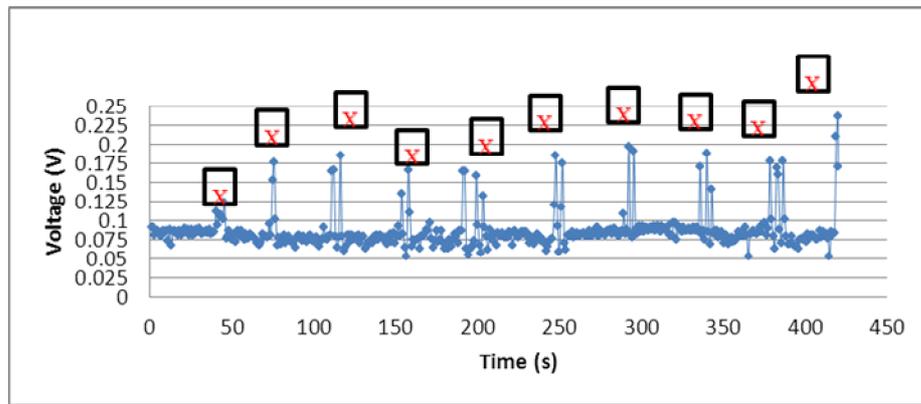


Gambar 4. Perbandingan nilai temperature Curie 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT dan 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT

Berdasarkan Gambar 4, didapatkan besarnya temperatur Curie bahan dengan dopan 2% dan 5% adalah  $450^{\circ}\text{C}$ . Namun, untuk memastikan bahwa data ini akurat, setelah percobaan dilakukan kalibrasi terhadap alat pemanas yang digunakan. Ternyata setelah kalibrasi didapatkan perbedaan suhu sebesar  $22^{\circ}\text{C}$ . Sehingga temperatur Curie bahan adalah  $428^{\circ}\text{C}$ . Temperatur Curie bahan hasil eksperimen ini lebih tinggi dari pada temperatur Curie bahan piezoelektrik bebas Pb lainnya.

### 3.4 Poling dan Uji Tekan Terhadap Bahan

Proses pemolangan terhadap bahan piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT berhasil dan tidak terjadi *short*, sedangkan pada bahan 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT terjadi *short* (gagal). Maka dilanjutkan uji tekan terhadap bahan piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT dan telah terlihat tegangan yang dihasilkan ketika ditekan yang dapat dilihat pada Gambar 5.

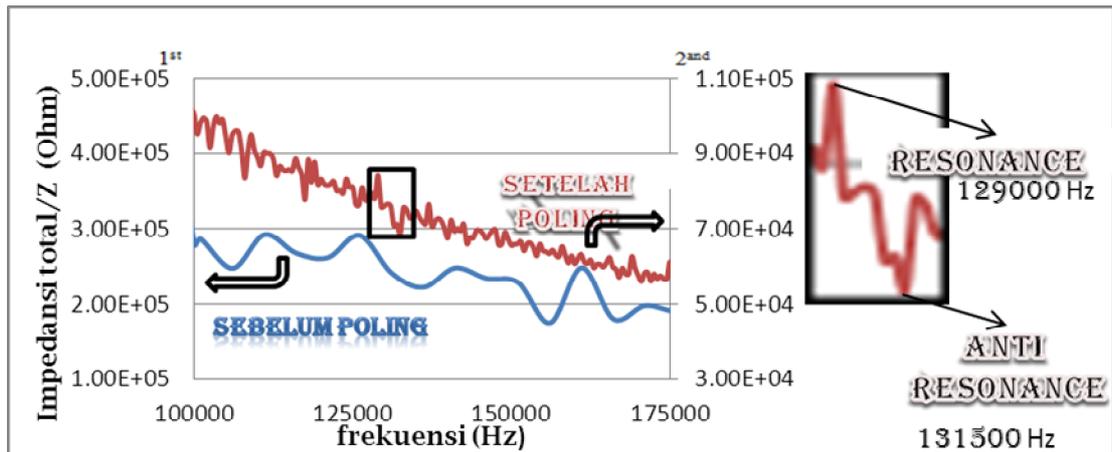


Gambar 5. Hasil uji poling bahan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT

X : tampilan ketika ditekan

### 3.5 Frekuensi Diri Bahan Piezoelektrik BNT-BT-BKT

Berdasarkan Gambar 6 dapat dianalisis bahwa bahan piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT sebelum dipolng belum memperlihatkan adanya frekuensi diri yang ditimbulkan. Tetapi setelah dilakukan proses pemolangan terhadap bahan didapatkan frekuensi diri dari bahan tersebut.



Gambar 6. Nilai frekuensi diri pada bahan piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahan BNT-BT-BKT memiliki struktur kristal perovskite rhombohedral yang merupakan sistem kristal piezoelektrik.

2. Bahan piezoelektrik 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT memiliki nilai FWHM (*Full Widht Half Maximum*) sebesar  $0,2158273^\circ$  dan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT sebesar  $0,207143^\circ$ .
3. Bahan piezoelektrik 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT memiliki kostanta dielektrik  $1,87 \times 10^2$  lebih besar dari konstanta dielektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT yaitu  $1,29 \times 10^2$ .
4. Bahan piezoelektrik dengan komposisi 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT lebih bersifat *Hard Ceramic* dibandingkan 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT.
5. Bahan Piezoelektrik 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT dan 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT memiliki temperatur Curie  $428^\circ \text{C}$ .
6. Proses pemolangan pada bahan piezoelektrik dengan komposisi 0,93BNT-0,05BT-0,02BKT gagal. Sedangkan pada bahan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT berhasil dilakukan.
7. Pada bahan 0,90BNT-0,05BT-0,05BKT hasil poling didapatkan nilai frekuensi diri serta ketika dilakukan uji tekan terdapat beda potensial (tegangan) yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahda and Mardiyanto, 2010, *Synthesis of Lead Free Piezoelektric BNT Ceramics by Use of Solid State Reaction Method*, To be Published.
- Cullity, 1978, *Element of X-Ray Diffraction*. Addison- Wesley pub, Co. Inc., Massachusetss..
- Fahyuan, H.D, 2011, Pengaruh Penambahan BKT, *Piezo ceramic*. BNT-BT dengan metode *Solid State Reaction*.
- Hiruma., dkk, Thermal depoling process and piezoelectric properties of bismuth sodium titanate ceramics. *J. Appl. Phys.* **2009**, *105*, 084112.
- Saputri, Winda, 2011, Penggunaan Piezoelektrik sebagai Sumber energi LED *Street Light* untuk penerangan jalan.
- Sharma,M, Studies on structural dielectric and Piezoelectric properties of doped Pct ceramics.
- Takenaka, dkk, (Bi<sub>1/2</sub>Na<sub>1/2</sub>) TiO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub> System for Lead-Free Piezoelectric Ceramics. *Jpn. J. Appl. Phys. Pt. 1* **1991**, *30*, 2236-2239.
- Triwahyuni, Dona, 2011, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik Bi<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> (BNT) dengan Metoda *Molten Salt*.
- Wang, X. G. Tang, and H.L.W.Chan., 2004, Bi<sub>1/2</sub>Na<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> – Bi<sub>1/2</sub>K<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> – BaTiO<sub>3</sub> *lead-free piezoelektrik ceramics*, Department of Aplied Physics and Material Research Center, the Hongkong Politechnic University, Huanghom kowlon, Hongkong, China.