



TUGAS AKHIR - SF 141501

SINTESIS DAN KARAKTERISASI FEROELEKTRIK (1-x)BST-xKNN (x=0,1; 0,2)

YHUANITA NURUL KAUKABA
NRP 0111144000062

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Suasmoro, DEA

DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - SF 141501

SINTESIS DAN KARAKTERISASI FEROELEKTRIK (1-x)BST-xKNN (x=0,1; 0,2)

YHUANITA NURUL KAUKABA
NRP 0111144000062

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Suasmoro, DEA

DEPARTEMEN FISIKA
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - SF 141501

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FERROELECTRIC $(1-x)\text{BST}-x\text{KNN}$ ($x=0, 1; 0,2$)

YHUANITA NURUL KAUKABA
NRP 0111144000062

Advisor
Prof. Dr. Suasmoro, DEA

Department of Physics
Faculty of Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI FEROELEKTRIK
(1-x)BST-xKNN (x=0,1; 0,2)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains**

Pada

**Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

YHUANITA NURUL KAUKABA

NRP. 0111144000062

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Suasmoro, DEĀ


(.....)

SURABAYA, 25 JULI 2018



SINTESIS DAN KARAKTERISASI FEROELEKTRIK (1-x)BST-xKNN (x=0,1; 0,2)

Nama Mahasiswa : Yhuanita Nurul Kaukaba
NRP : 0111144000062
Departemen : Fisika FIA ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Suasmoro,DEA

Abstrak

Sintesis material $(1-x)\text{Ba}_{0,85}\text{Sr}_{0,15}\text{TiO}_3 -x (\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{NbO}_3$ (BST-KNN) dengan variasi doping $\{x=0,1; 0,2\}$ telah berhasil dilakukan dengan metode reaksi padat dengan temperatur kalsinasi 700°C selama 2 jam dan sintering 1200°C selama 2 jam. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan KNN terhadap struktur kristal dan menganalisis sifat listrik ferroelektrik pada material BST-KNN. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan analisis X-Ray Diffractometer (XRD), analisis uji densitas dengan metode *Archimedes*, dan analisis sifat listrik dengan menggunakan *Impedance Analyzer*. Dari hasil analisa XRD diperoleh bahwa campuran BST-KNN membentuk fasa BaSrTiO_3 dengan struktur kristal Tetragonal. Pendopingan KNN telah berhasil larut dalam struktur BST dan mempengaruhi struktur Kristal dari BST yang ditunjukkan dengan nilai tetragonalitas (c/a) yang meningkat dengan bertambahnya dopan KNN. Akibat pendopingan KNN, terjadi perubahan sifat dari material BST yang awalnya bersifat ferroelektrik menjadi relaxor. Karakterisasi relaksasi dipole menunjukkan adanya dipole granuler pada BST yang didoping KNN akibat adanya muatan ruang disamping dipole kisi.

Kata Kunci : *doping, ferroelektrik, polarisasi dipole*

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF FERROELECTRIC (1-x)BST-xKNN (x=0,1; 0,2)

Name : Yhuanita Nurul Kaukaba
NRP : 01111440000062
Department : Pyshics, FIA-ITS
Advisor : Prof. Dr. Suasmoro,DEA

Abstract

Synthesis of $(1-x)\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_{3-x}(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ (BST-KNN) with doping variation $\{x = 0,1; 0,2\}$ was successfully performed by a solid reaction method with a calcination temperature of 700°C . for 2 hours and sintering 1200°C . for 2 hours. the aim of this research is to know the effect of KNN addition to the crystal structure and to analyze the electrical properties of ferroelectric on BST-KNN material. The sample characterization was done using X-Ray Diffractometer (XRD) analysis, density test analysis by Archimedes method, and electrical properties analysis by using Impedance Analyzer. From the result of XRD analysis, the mixture of BST-KNN formed BaSrTiO_3 phase with crystal structure is Tetragonal. KNN has succeeded in dissolving in the BST structure and affecting the crystalline structure of BST as indicated by the increased value of tetragonality (c/a) as KNN dopant increases. As a result of BST doped KNN, there is a change in the nature of the originally ferroelectric BST material into a relaxor behavior. Dipole relaxation characterization shows the presence of granular dipoles in the BST doped KNN due to space charge beside the lattice dipole

Keyword : *dipole polarization, doped, feroelectric*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Penulis ucapkan Alhamdulillah robbil'alamin. Segala Puji bagi Allah SWT karena atas berkah, rahmat, dan petunjukNya yang diberikan kepada kami sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya. Sholawat dan salam senantiasa penulis sampaikan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah menjadi teladan dan menuntun kami dari zaman kebodohan menuju kebenaran. Atas izin Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini dengan judul : **“SINTESIS DAN KARAKTERISASI FEROELEKTRIK (1-x)BST-KNN (x=0,1; 0,2)”** sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana di Departemen Fisika ITS.

Tugas Akhir dapat diselesaikan atas doa, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta Alm. Supangkat dan Solichah atas segala kasih sayang, motivasi, dan doa selama penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof.Dr. Suasmoro,DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memotivasi, membimbing, dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Kakak saya M. Rizky Firmansyah dan Nanang M.U atas dukungannya selama penulis mengerjakan tugas akhir.
4. Seluruh dosen di jurusan Fisika FMIPA ITS atas wawasan ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
5. *Partner* riset Umi Nuraini yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi, masukan dan inspirasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. *Partner*-ku M. Wahyu Afandi yang selalu memberikan saya semangat dan motivasi selama menjalankan penelitian ini.
7. Kakak-kakak tim Riset Laboratorium Keramik, Fitriana, Sefrilita., Faried Latief,. serta teman seperjuangan Tugas Akhir Hilda Avianti, Setiyono, Dani Alqori yang telah

membantu dalam pengambilan data penelitian maupun yang telah bersedia meluangkan waktu untuk berdiskusi dengan penulis.

8. Sahabat-sahabatku yang selalu memberi dukungan dan motivasi selama menjalankan penelitian ini
9. Keluarga besar ANTARES 2014 dan berbagai pihak yang telah terlibat dan mendukung penelitian dan penyusunan tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan. Diluar kekurangan tersebut, semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi masyarakat luas.

Surabaya, 25 Juli 2017
Penulis,

Yhuanita Nurul Kaukaba

DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA	i
COVER	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik BaSrTiO ₃	5
2.2 Karakteristik (K,Na)NbO ₃	10
2.3 Polarisasi	12
METODE PENELITIAN	15
3.1 Alat dan Bahan	15

3.2	Prosedur Kerja	15
3.2.1	Sintesis $Ba_{0,85}Sr_{0,15}TiO_3$	15
3.2.2	Sintesis $(K_{0,5},Na_{0,5})TiO_3$	15
3.2.3	Sintesis $(1-x)BST$	16
3.3	Karakterisasi Material	17
3.3.1	Analisis Struktur.....	17
3.3.2	Pengukuran Densitas	17
3.3.3	Pengujian Listrik	18
3.4	Diagram Alir Penelitian	18
HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Hasil Sintesis BST-KNN	21
4.2	Analisis Hasil XRD	27
4.3	Analisis Uji Densitas	27
4.3	Karakteristik Sifat Listrik	28
KESIMPULAN DAN SARAN		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN A.....		43
LAMPIRAN B		45
LAMPIRAN C		47
BIODATA PENULIS		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kristal perovskite dari Barium Titanat (BaTiO_3).....	1
Gambar 2.2 Perubahan struktur kristal dari Barium Titanat	2
Gambar 2.3 Konstanta dielektrik dari Barium Titanat (BaTiO_3) terhadap fungsi temperature	7
Gambar 2.4 Struktur atom KNN.....	8
Gambar 2.5. Diagram fase KNN.....	9
Gambar 2.6 Grafik spektra difraksi Sinar X BaSrTiO_3 dengan doping Y_2O_3 0%, 0.4%, dan 0.6%	11
Gambar 2.7 Variasi (a) permitivitas riil (ϵ') dan (b) imajiner (ϵ'') terhadap frekuensi.....	13
Gambar 2.8 (a) Variasi tetapan dielektrik terhadap frekuensi menunjukkan relaksasi 'Debye' (b) Cole-Cole plot.....	14
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	19
Gambar 4.1 Pola difraksi pada material $(1-x)\text{BST}-x\text{KNN}$	24
Gambar 4.2 Tetragonalitas terhadap komposisi x	26
Gambar 4.3 Permitivitas relatif terhadap temperatur pada frekuensi 1,273 kHz material $(1-x)\text{BST}-x\text{KNN}$...	29

Gambar 4.4 Permittivitas relatif terhadap temperatur pada material 0.9BST-0.1KNN	31
Gambar 4.5 Permittivitas relatif terhadap temperatur pada material 0.8BST-0.2KNN	31
Gambar 4.6 Grafik hubungan ϵ_r terhadap frekuensi.....	33
Gambar 4.7 Grafik Hubungan permittivitas riil (ϵ_r') dan imajiner (ϵ_r'') terhadap frekuensi untuk sampel 0.9BST-0.1KNN.....	34
Gambar 4.8 Grafik Hubungan permittivitas riil (ϵ_r') dan imajiner (ϵ_r'') terhadap frekuensi untuk sampel 0.8BST-0.2KNN.....	34
Gambar 4.9 Grafik hubungan waktu relaksasi dengan temperatur pada sampel 0.9BST-0.1KNN	36
Gambar 4.10 Grafik hubungan waktu relaksasi dengan temperatur pada sampel 0.8BST-0.2KNN	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.2 Hasil Analisa kuantitatif dengan metode refinement pada sampel (1-x)BST-xKNN	25
Tabel 4.2 Hasil Uji densitas pada material (1-x)BST-xKNN dengan x=0.1; 0.2	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Base Sampel.....	43
Lampiran B Data Hasil Match dan Hasil Refinement	45
Lampiran C Perhitungan Tetapan Waktu dan Energi Aktivasi .	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Barium titanat (BaTiO_3), pertama kali diteliti pada awal tahun 1940an oleh peneliti-peneliti dari Amerika, Jepang dan Rusia. Barium titanat merupakan material ferroelektrik yang sangat cepat perkembangan penelitiannya. Hal ini menarik karena barium titanat mempunyai struktur kristal perovskite yang sederhana yang dapat mempermudah pemahaman tentang karakteristik material ferroelektrik. Barium titanat mudah diaplikasi karena dalam segi kimia maupun mekanik lebih stabil dan mempunyai temperatur curie yang mendekati temperatur kamar dibandingkan material ferroelektrik lainnya.

Penambahan Sr pada barium titanat (BaTiO_3) sehingga menjadi titanat campuran $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ menjadikan bahan ferroelektrik yang mempunyai konstanta dielektrik tinggi, loss dielektrik rendah, stabilitas termal yang baik dan karakteristik frekuensi tinggi yang baik. Barium strontium titanate BaSrTiO_3 (BST) dianggap sebagai bahan yang menarik dan canggih untuk industri elektronik. Bahan ini memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai bahan kapasitor, PTC (positive temperatur coefficient), sensor infra red, divais elektro optic, dynamic random access memory (DRAM).

Sifat-sifat fisis yang akan diberikan oleh bahan, dapat dimodifikasi dengan cara pendopongan. Pada penelitian ini, Barium stronsium titanate ($\text{Ba-xSr}_x\text{TiO}_3$) akan didoping dengan salah satu material ferroelektrik yaitu $(\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{NbO}_3$ atau dapat disingkat dengan sebutan KNN. Material KNN memiliki sifat pizoelektrik dengan struktur perovskite (ABO_3) pada temperatur Curie 420°C . Apabila ion Nb^{5+} digunakan sedemikian hingga mensubstitusi Ti^{4+} , maka akan terbentuk elektron donor untuk menjaga netralitas bahan. Dengan demikian, bahan ferroelektrik ini akan mempunyai sejumlah pembawa muatan yang apabila diberi medan listrik akan terpolarisasi akibat barrier potensial

pada batas antar butir (grain boundary) bersifat sangat resistif yang pada akhirnya menimbulkan dipol listrik ditingkat granuler. Bersamaan dengan dipol kisi yang bersuperposisi maka akan memperbesar permitivitasnya (Suasmoro, 2012). Interaksi polarisasi antar kedua material ini lah yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan. Pencampuran dari kedua bahan ini akan memberikan pengaruh positif pada peningkatan sifat ferroelektriknya. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki oleh BST diharapkan bila material tersebut didoping dengan KNN maka akan memberikan sifat dielektrik yang lebih baik. Oleh karena hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan sintesis material $1-x\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - x(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ dengan komposisi $\{x=0,1;0,2\}$ untuk mengetahui pengaruh penambahan $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ pada material $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ terhadap struktur kristal dan sifat listrik (permitivitas, temperatur *Curie*) dari pencampuran material $1-x\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - x(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ pada material $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ terhadap struktur kristal, densitas dan sifat listrik dari pencampuran material $(1-x)\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - x(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ ($x=0,1; 0,2$).

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada variasi komposisi $1-x\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - x(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ dengan ($x=0,1; 0,2$) dan karakterisasi sifat kelistrikkannya.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan $(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ pada material $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ terhadap struktur kristal, densitas dan

sifat listrik pada pencampuran material $1-x\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - x(\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak Institut, peneliti, dan juga pembaca. Meningkatkan *soft skill* dalam bekerja di laboratorium sehingga dapat mencari jalan keluar dari permasalahan. Selain itu penelitian ini memberikan pemahaman mengenai struktur Kristal dan sifat kelistrikan dari material $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3 - (\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{NbO}_3$ yang dapat dengan mudah dikenali melalui karakterisasi listrik pada material sehingga dapat bermanfaat dalam pengembangan material ferroelektrik di dunia industri elektronik.

1.6 Sistematika Penulisan

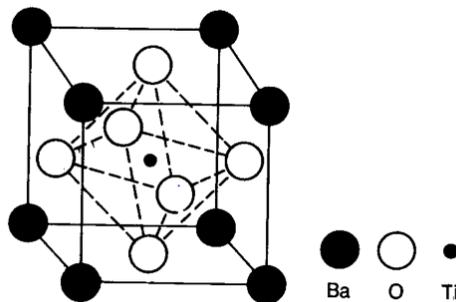
penulisan tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

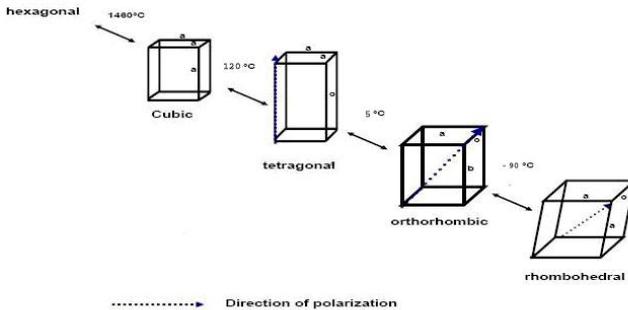
2.1 Karakteristik $Ba_{0,85}Sr_{0,15}TiO_3$

Material $Ba_{0,85}Sr_{0,15}TiO_3$ yang disingkat dengan BST Adalah material dielektrik dengan sifat dielektrik yang sangat baik seperti konstanta dielektrik tinggi, kerugian dielektrik kecil, dan arus bocor rendah. $BaTiO_3$ adalah perovskite ferroelektrik dengan Temperatur Curie T_c pada 393 K, sedangkan $SrTiO_3$ adalah bahan paraelektrik yang konstanta dielektriknya terus meningkat saat pendinginan sampai sekitar 4 K (Shou-Yi Kuo ,2001). Penelitian mengenai $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dengan $x = 0,90$ oleh Maharsi didapatkan parameter kisi $a = b = 3,986 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$. Nilai konstanta dielektrik maksimum diperoleh pada temperatur 900°C sebesar 3650 pada frekuensi minimum 0,01 kHz. Kemudian oleh Indriana (2014) $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dengan $x = 0,95$ didapatkan nilai parameter kisi $a = b = 3,988 \text{ \AA}$ dan $c = 4,002 \text{ \AA}$ dan nilai konstanta dielektrik sebesar 4420 juga pada frekuensi minimum 0,01 kHz. Nilai parameter kisi $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dengan $x \geq 0,75$ berdasarkan *International Centre for Diffraction Data* (ICCD) memiliki sistem kristal tetragonal dengan parameter kisi $a = b = 3,977 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$ yakni $Ba_{0,77}Sr_{0,23}TiO_3$.



Gambar 2.1 Struktur kristal *perovskite* dari Barium Titanat ($BaTiO_3$)
(Moulson, 2003)

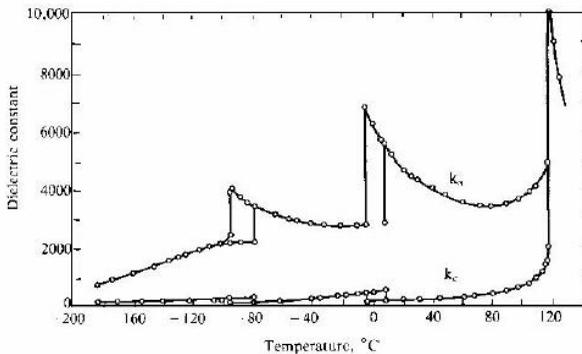
Barium Titanat BaTiO_3 merupakan bahan dielektrik dari jenis Ferroelektrik yang mempunyai resistansi tinggi dan berstruktur perovskite ABX_3 dengan A menyatakan kation bervalensi $2+$ dan B menyatakan kation bervalensi $4+$. Barium Titanat BaTiO_3 merupakan salah satu family perovskite yang mempunyai polimorfisme terhadap temperatur, diatas 130°C berstruktur kubik, antara $0-130^\circ\text{C}$ tetragonal, antara $80^\circ\text{C}-130^\circ\text{C}$ orthorombik dan dibawah -80°C berstruktur rombohedral. Transformasi dari stuktur tetragonal ke kubik dan sebaliknya disertai dengan kenaikan tetapan dielektrik yang lebih tinggi daripada transformasi lain. Transformasi struktur tetragonal diikuti oleh pergeseran ion Ti^{4+} dari pusat octahedral oksigen searah sumbu c dan oksigen di puncak octahedral yang berada pada koordinat $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$ ke arah yang berlawanan dengan Ti^{4+} menyebabkan distribusi elektronik terpolarisasi secara spontan pada kisi barium titanat (Suasmoro, 2012).



Gambar 2.2 Perubahan struktur kristal dari Barium Titanat (W.D. Kingery at all, 1976)

Sifat dielektrik dari single crystal barium titanat pertama kali diteliti oleh Merz. Pada struktur kristal kubik hanya ada satu konstanta dielektrik, sedangkan pada struktur kristal tetragonal terdapat dua yaitu κ_a dan κ_c . Kedua konstanta ini dapat diukur pada satu kristal tunggal. Pada struktur kristal orthorhombik dan

rhombohedral sangat sulit menjelaskan konstanta dielektriknya. Pada gambar menunjukkan konstanta dielektrik terhadap fungsi dari temperatur. Pada gambar ini, hanya harga konstanta dielektrik pada struktur kristal tetragonal yang mempunyai arti yang jelas. Harga konstanta dielektrik mencapai harga yang terbesar pada saat temperatur pada barium titanat terletak pada titik temperatur curie. Pada saat temperatur 120°C konstanta dielektrik dari barium titanat mempunyai harga sebesar 10000. Seperti dijelaskan sebelumnya, pada temperatur ini, barium titanat terjadi polarisasi spontan dari paraelektrik menjadi ferroelektrik. Kristal barium titanat menjadi metastabil sehingga terjadi perubahan fasa antara kubik menjadi tetragonal. Akibatnya harga dari konstanta dielektrik dari barium titanat mempunyai harga yang tinggi.



Gambar 2.3 Konstanta dielektrik dari Barium Titanat (BaTiO₃) terhadap fungsi temperatur

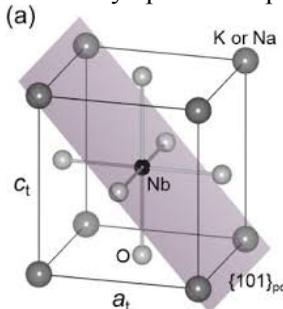
(W.D. Kingery at all, 1976)

Barium titanat mempunyai keuntungan yaitu temperatur curie (T_c) yang mendekati temperatur kamar dibandingkan material ferroelektrik lainnya. Barium titanat yang didoping dengan Sr akan menghasilkan pergeseran temperatur Curie ke temperatur yang lebih rendah. Pada saat mencapai Temperatur

Curie struktur Barium Stronsium Titanat ini terjadi transformasi struktur tetragonal-kubik karena adanya substitusi kation yaitu Ti dengan Ba,Sr. Sedangkan bila kation-kation pengganti mempunyai valensi lebih tinggi, akan menghambat pertumbuhan butir dan memperbesar permitivitasnya dibawah titik Curie dan memperkecil resistivitasnya karena pensubstitusi (dopant) akan bertindak sebagai donor (Suasmoro, 2012). Banyak harapan bahan ferroelektrik memiliki konstanta dielektrik tinggi dan biaya rendah. Penurunan biaya untuk mendapatkan bahan ferroelektrik dihambat oleh suhu sintering keramik. Dan pemilihan doping yang tepat seperti Sr pada BaTiO₃ (BT) akan meningkatkan konstanta dielektrik yang sangat banyak pada suhu kamar dan memperbaiki sifat dielektrik keramik.. Huang Xinyou et al. (2007).

2.2 Karakterisasi (K,Na)NbO₃

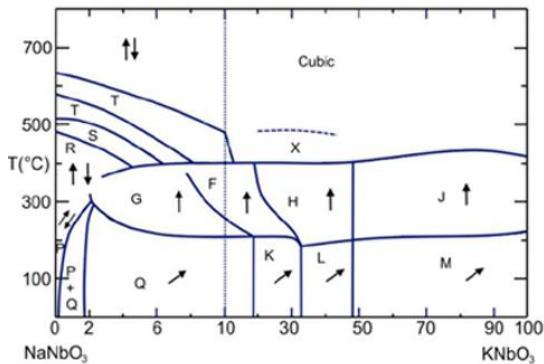
Material (K,Na)NbO₃ dengan sebutan KNN merupakan keramik bebas timah yang bersifat piezoelektrik relatif tinggi dan memiliki Temperatur Curie 420 ° C. KNN memiliki struktur *orthorhombic perovskite* (ABO₃) dengan parameter kisi a=5,635 Å, b=3.971 Å dan c=5,721 Å (Cheo et al, 2012). Model struktur *perovskite* dengan atom oksigen berada disetiap muka, atom K,Na berada disetiap pojok dan atom Nb berada di pusat. Material dengan struktur *perovskite* dapat menyimpan muatan listrik dengan baik akibat terbentuknya polarisasi pada bahan.



Gambar 2.4 Struktur atom KNN

(Gang Liu,2013)

KNN murni adalah feroelektrik normal dan tidak menunjukkan perilaku relaxor. Namun, nampaknya suhu Curie yang tinggi $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat membuatnya menjadi material yang baik untuk mengembangkan feroelektrik bebas timbal. Memang, sebelumnya telah dilaporkan bahwa beberapa solusi padat berbasis KNN yang bersifat ex-hibit relaxor, seperti $\text{KNN-Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ dan $\text{KNN-BiScO}_{3,14}$ sedangkan tingkat perilaku relaxor masih belum terlihat signifikan dalam larutan padat berbasis KNN ini. Akibatnya, peneliti harus menemukan metode baru untuk menginduksi perilaku relaxor pada larutan padat berbasis KNN. Metode paling sederhana yang membuat perubahan feroelektrik normal menjadi ferroelektrik relaxor adalah dengan menimbulkan sifat relaxor ke dalam bahan ferroelectric dengan metode reaksi padat (Hongliang Du, 2009)



Gambar 2.5 Diagram fase KNN

(Ahtee, et al. 2003)

$\text{K}_{1-x}\text{Na}_x\text{NbO}_3$ memiliki beberapa fase transisi induksi termal dan MPB (morphotropic phase boundaries) yang dirangkum oleh Ahtee dkk seperti pada gambar 2.5. Daerah yang ditandai dengan huruf Q, K dan L adalah feroelektrik monoklinik,

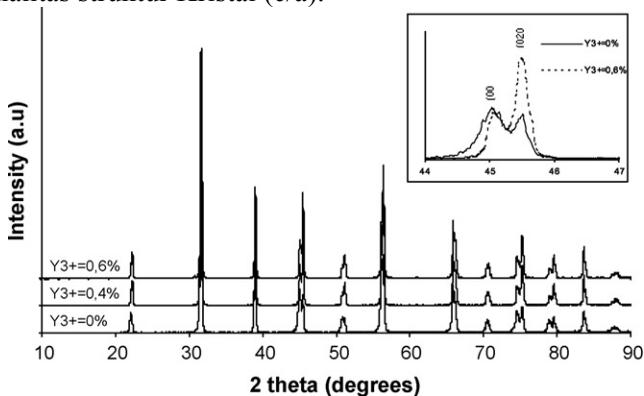
M dan G adalah feroelektrik ortorombik, F, H dan J adalah feroelektrik tetragonal dan P adalah antiferoelektrik ortorombik. Pada suhu ruang, MPB terletak pada 17,5%, 32,5% dan 47,5% berisi NN. Yang perlu diperhatikan adalah komposisi temperatur fase transisi yang tidak tetap antara fase feroelektrik 200 o C dan antara fase feroelektrik dan fase paraelektrik 400 o C (berlawanan dengan komposisi suhu transisi tetap pada PZT). Hanya dengan sedikit substitusi natrium kalium dalam NaNbO_3 menyebabkan transisi pada feroelektrik (daerah Q) dari natrium kalium antiferoelektrik murni (daerah P) (Ahtee, et all. 2003).

2.3 Struktur BaSrTiO_3 - (K,Na) NbO_3

Titanat campuran BaSrTiO_3 merupakan bahan feroelektrik yang mempunyai resistansi tinggi dan berstruktur kristal perovskite dengan atom oksigen berada disetiap muka, Ba^{2+} dan Sr^{2+} menempati situs A dan Ti^{4+} menempati situs B. Begitu juga dengan material (K,Na) NbO_3 mempunyai struktur yang sama dengan BaSrTiO_3 yaitu mempunyai struktur Kristal perovskite ABO_3 dengan atom oksigen berada disetiap muka, K^{2+} dan Na^{2+} menempati situs A, dan Nb^{5+} menempati situs B. Pada penelitian ini, dilakukan pendopingan (K,Na) NbO_3 terhadap BaSrTiO_3 yang akan menghasilkan material campuran $(1-x)\text{BaSrTiO}_3$ - $x(\text{K,Na})\text{NbO}_3$. Pendopingan KNN terhadap BST berakibat terjadinya substitusi ion K^{2+} dan Na^{2+} pada situs A dalam material BST sehingga situs A pada struktur Kristal $(1-x)\text{BaSrTiO}_3$ - $x(\text{K,Na})\text{NbO}_3$ diisi dengan Ba^{2+} , Sr^{2+} , K^{2+} dan Na^{2+} . Sedangkan pada ion Nb^{5+} akan mensubstitusi Ti^{4+} dan menempati situs B (hongliang Du, 2009).

Pemberian bahan doping pada suatu material dapat mempengaruhi sifat fisis yang ditimbulkan olehnya. Pada penelitian sebelumnya (Suasmoro, 2007) telah dilakukan pendopingan Y_2O_3 terhadap $\text{Ba}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{TiO}_3$ yang mengakibatkan pengaruh perubahan struktur dan sifat listrik $\text{Ba}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{TiO}_3$. Suasmoro melaporkan bahwa terdapat pergeseran posisi puncak

difraksi dan perubahan bentuk pada beberapa puncak difraksi seiring dengan kenaikan Y_2O_3 . Perubahan Pola difraksi inisecara kualitatif menunjukkan adanya substitusi Y^{3+} terhadap Ba^{2+} . Yang menunjukkan adanya perubahan jarak antar bidang *Bragg* dan terjadinya perubahan parameter kisi. Dilaporkan bahwa tetragonalitas struktur Kristal (c/a) pada penambahan doping Y^{3+} 0%, 0.4% dan 0.6% berturut-turut adalah 1,00910; 1,00833; dan 1,00846. Telah diketahui bahwa dalam titanat campuran $BaSrTiO_3$, naik turunnya suhu Curie dipengaruhi oleh tetragonalitas struktur Kristal (c/a).



Gambar 2.6 Grafik spektra difraksi Sinar X $BaSrTiO_3$ dengan doping Y_2O_3 0%, 0.4%, dan 0.6%

(Suasmoro, 2007)

Material $BaSrTiO_3$ memiliki permitivitas tertinggi pada temperatur Curie nya. Hal ini akan dijelaskan melalui karakterisasi permitivitas terhadap kandungan sample sebagai fungsi temperatur untuk mengetahui pengaruh kandungan dopan terhadap temperatur Curie. (Suasmoro,1999)

2.4 Polarisasi

Bila dipandang dalam skala atomik, bahan dielektrik akan mempunyai beberapa kemungkinan jenis polarisasi, yaitu

polarisasi elektronik terkait elektron dan inti atom, polarisasi atomic terkait molekul yang utamanya berbentuk ikatan ionic, polarisasi dipol terkait dengan dipol yang dimiliki oleh bahan dan polarisasi muatan ruang terkait dengan muatan elektronik yang berenergi rendah sebagai hasil pendopingan. Masing-masing jenis polarisasi ini akan memberikan terhadap frekuensi yang berbeda.

Ketika bahan dielektrik dikenakan medan listrik yang bergantung waktu $E^* = E_0 \exp(j\omega t)$, maka polarisasi yang terjadi dapatlah difikirkan bahwa fenomena transien dan peranan frekuensi dan utamanya waktu menjadi penting. Tanpa mengurangi peran penurunan matematis, dapatlah dituliskan bahwa polarisasi dipolar bergantung waktu akan berbentuk :

$$P_d^* = \epsilon_s \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + \frac{(\epsilon_s - \epsilon_\infty) \epsilon_0}{1 + j\omega\tau} E_0 \exp(j\omega t) \quad (2.1)$$

Dimana ϵ_s dan ϵ_∞ adalah permitivitas statik dan permitivitas frekuensi tinggi, τ adalah tetapan waktu relaksasi dan ω adalah frekuensi.

Dalam keadaan yang *steady*, bagian transien $\epsilon_s = \exp\left(\frac{t}{\tau}\right)$ dapat diabaikan, dan mengingat $P^* = \epsilon_0 k^* E^*$ sehingga akan diperoleh:

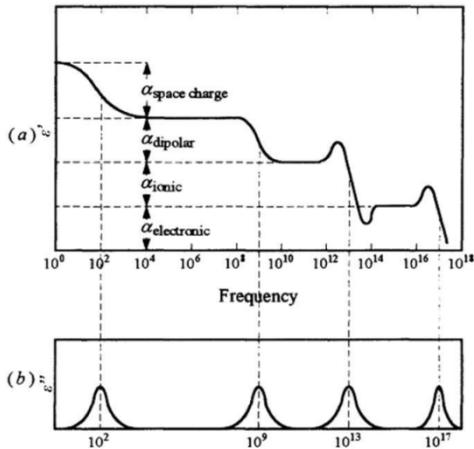
$$\epsilon^* = \epsilon_s + \frac{\epsilon_s - \epsilon_\infty}{1 + j\omega\tau} \quad (2.2)$$

dengan mengingat besaran kompleks ϵ^* maka dapatlah dipisahkan bagian riil dan imajiner sebagai:

$$\epsilon' = \epsilon_s + \frac{\epsilon_s - \epsilon_\infty}{1 + \omega^2\tau^2} \quad (2.3)$$

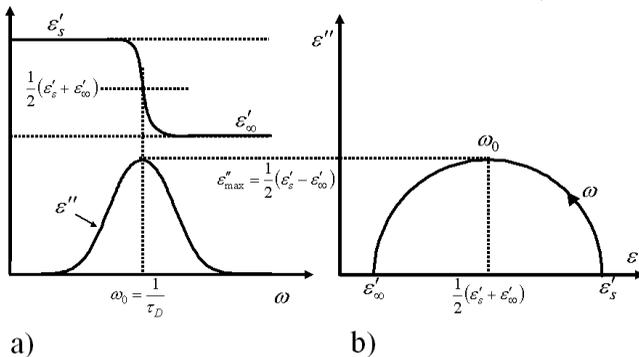
$$\epsilon'' = (\epsilon_s - \epsilon_\infty) \left(\frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \right) \quad (2.4)$$

kedua persamaan tersebut merupakan persamaan Debye, yang secara grafis ditunjukkan dalam gambar 2.8



Gambar 2.7. Variasi (a) permittivitas riil (ϵ') dan (b) imajiner (ϵ'') terhadap frekuensi

(Barsoum, 2003)



Gambar 2.8 (a) Variasi tetapan dielektrik terhadap frekuensi menunjukkan relaksasi 'Debye' (b) Cole-Cole plot

Apabila probabilitas transisi dipol statistic Maxwell-Boltzman $P \approx \exp(-Q/kT)$, dan waktu relaksasi τ berbanding terbalik dengan polarisasi P maka dapatlah dituliskan bahwa

waktu relaksasi τ bergantung pada suhu yang dinyatakan dalam persamaan Archenius,

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \quad (2.5)$$

maka frekuensi pada saat ε'' maksimum akan dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$f_m(\varepsilon'') = f_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right) \quad (2.6)$$

dimana E_a merupakan energy aktivasi pada proses relaksasi.
(Moulson and Herbert,2003)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan, diantaranya adalah batu tahan api, *crucible*, plat alumina, timbangan digital *O'haus* PA214, spatula, gelas beker, cetakan pellet, hot plate, termometer, magnetic stirer, mortar, pastel, tisu, *aluminium foil*, plastik. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi K_2CO (*merck*), Na_2CO_3 (*merck*) dan Nb_2O_5 (*merck*), $Bi_5O(OH)_5(NO_3)_4$ (*merck*), $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (*merck*), $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ (*merck*), Alkohol 96%, *aquades*, serta *silver conductive paste*.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah *laboratory planetary mill*, *rotary evapor*, *impedance analyzer* "Solatron", *furnace* "carbolite", *pressure gauge*, batu tahan api, *crucible*, plat alumina, spatula, gelas beker, labu, cetakan pellet, termometer, mortar, oven, neraca *O'haus*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *saringan Buhner*, dan kertas saring. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu meliputi K_2CO (*merck*), Na_2CO_3 (*merck*) dan Nb_2O_5 (*merck*), $H_2C_2O_4$ (*merck*), $BaCl_2$ (*merck*), $TiCl_4$ (*merck*), $SrCl_2$ (*merck*), Alkohol 96%, *aquades*, serta *silver conductive paste*.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Sintesis $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$ (KNN)

Sintesis KNN dilakukan dengan metode reaksi padat. Sintesis KNN diawali dengan menimbang serbuk K_2CO_3 (*merck*), Na_2CO_3 (*merck*) dan Nb_2O_5 (*merck*) sesuai dengan takaran berdasarkan perhitungan stokiometri. Kemudian, seluruh serbuk dicampurkan serta ditambah dengan alkohol (96%) dalam jar. Campuran serbuk dan alkohol (96%) di milling dengan *planetary milling* menggunakan *zirconia balls* sebanyak 23 buah dan diputar selama 1 jam dengan kecepatan putaran 150 *rpm*. Campuran bahan-bahan tersebut lalu dikeringkan menggunakan evaporator rotatif "VV Micro" (Heidolph) dengan tujuan

menghilangkan kandungan alcohol sehingga diperoleh KNN dalam bentuk serbuk yang kering. Serbuk KNN dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2jam dan dihaluskan dengan mortar selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan uji XRD untuk mengetahui karakterisasi struktur Kristal material KNN.

3.2.1 Sintesis $Ba_{0.85}Sr_{0.15}TiO_3$

Sintesis material $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ dilakukan dengan metode kopresipitasi oksalat. Sintesis BST diawali dengan pembuatan larutan oksalat dengan cara serbuk asam oksalat $H_2C_2O_4$ (*merck*) dilarutkan dalam air dengan menggunakan pengaduk magnetik hingga larut sempurna. Selanjutnya yaitu pembuatan larutan $BaCl_2 - TiCl_4 - SrCl_2$ dengan cara $BaCl_2$ dan $SrCl_2$ diaduk dengan pengaduk magnetic hingga benar-benar larut kemudian dicampur dengan larutan $TiCl_4$ yang telah dilarutkan dalam air. Larutan oksalat kemudian ditambahkan secara langsung kedalam larutan $BaCl_2 - TiCl_4 - SrCl_2$ dan diaduk dengan pengaduk magnetic selama 2 jam sedemikian sehingga pencampuran berjalan sempurna. Endapan lalu dipisahkan dengan saringan Buhner dengan menggunakan kertas saring yang dibarengi dengan pencucian dengan aquades. Endapan lalu dikeringkan dengan menggunakan oven. Endapan yang terbentuk berupa serbuk yang kemudian dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2jam dan dihaluskan dengan mortar selama 2 jam

3.2.2. Sintesis (1-x)BST-xKNN

Serbuk hasil sintesis BST dan KNN kemudian disintesis lagi untuk mendapatkan (1-x)BST-xKNN dengan $x= 0,1; 0,2$. Sintesis (1-x)BST-xKNN dilakukan dengan metode reaksi padat. Serbuk BST dan KNN yang telah ditimbang sesuai dengan perhitungan stokiometri, kedua bahan tersebut dicampurkan dan ditambah dengan alcohol (96%) dan diaduk dengan *planetary milling* dengan menggunakan *zirconia ball* selama 2 jam dengan kecepatan 150 rpm. Campuran bahan-bahan tersebut lalu dikeringkan menggunakan evaporator rotatif “VV Micro”

(Heidolph) dengan tujuan menghilangkan kandungan alcohol sehingga diperoleh $(1-x)\text{BST-xKNN}$ dalam bentuk serbuk yang kering. Serbuk KNN dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2jam dan dihaluskan dengan mortar selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan uji XRD untuk mengetahui karakterisasi struktur Kristal material $(1-x)\text{BST-xKNN}$. Serbuk prekursor BST-KNN kemudian dibuat pelet dan disinter pada suhu 1200°C selama 2 jam.

3.3 Karakterisasi Material

3.3.1 Analisa Struktur

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) pada sampel dilakukan pada sampel BST dan $(1-x)\text{BST-xKNN}$ yang keduanya berupa serbuk dan telah disintering pada suhu 1200°C selama 2jam Hasil pengujian XRD adalah berupa grafik antara intensitas dan sudut difraksi. Hasil uji XRD yang telah didapat kemudian dijadikan sebagai input data untuk analisis struktur material. Analisis struktur material dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan *software Match!* Yang bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada material. Dan analisa kuantitatif dilakukan dengan menggunakan *software Rietica* dengan menggunakan metode penghalusan pola terhitung dan terukur (metode *Rietveld*) yang bertujuan untuk mendapatkan parameter kisi bahan.

3.3.2 Pengukuran Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan metode Archimedes. Sample yang digunakan untuk uji densitas berupa pellet disk yang telah melalui proses sintering. Pengujian densitas dengan metode Archimedes diawali dengan memastikan sample yang akan di uji densitas memiliki permukaan yang rata. Sample yang rata kemudian ditimbang untuk mendapatkan massa kering dari sample (m_{kering}). Selanjutnya sample dicelupkan kedalam air sehingga tidak lagi muncul gelembung air pada sample. Sample yang telah dibasahi kemudian ditimbang untuk mengetahui massa

basah sample (M_{basah}). Setelah itu, sample dimasukkan kedalam air dan ditimbang sabagai massa dalam air ($m_{\text{archimedes}}$). Besarnya densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\rho = \frac{mk}{mb - ma} \times \rho_a$$

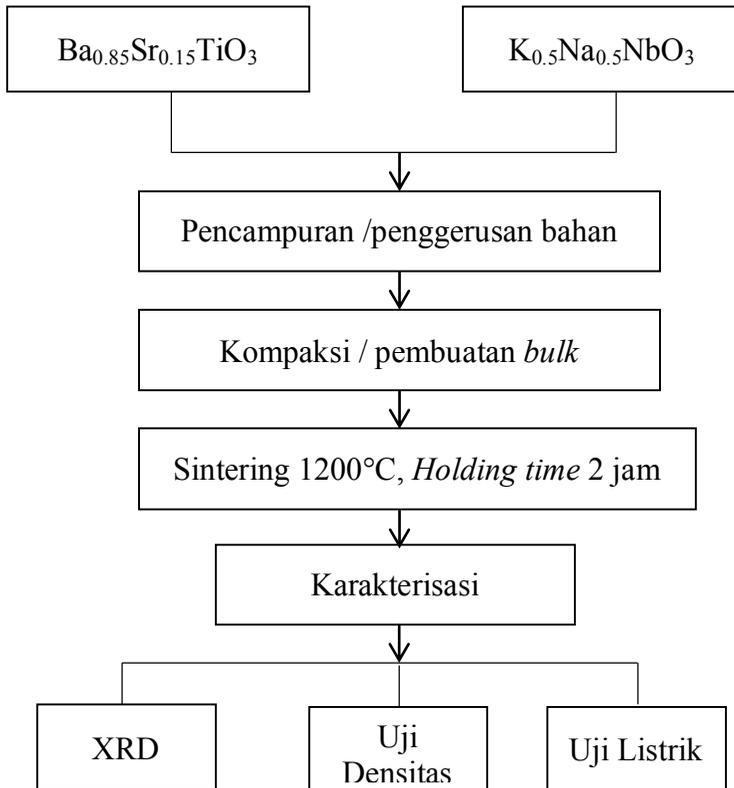
Dimana, m_k (massa kering), m_b (massa basah), m_a (massa Archimedes)

3.3.3. Pengujian Listrik

Karakterisasi Listrik pada material dilakukan dengan menggunakan *Impedance Analyzer* “Solartron”. Sebelum diuji terlebih dahulu sampel dilapisi dengan pasta perak dan dipanaskan pada suhu 350°C selama 20 menit di dalam oven. Kemudian dipasang kawat nikelin dengan cara dilapisi pasta perak dan dipanaskan kembali pada suhu 925°C dengan lama waktu penahanan selama 20 menit, Kawat nikelin berfungsi sebagai penghantar yang menghubungkan sampel dengan *Impedance Analyzer* “Solartron”, Pengujian sifat listrik ini dilakukan pada suhu ruang, kemudian suhu 60°C hingga suhu 200°C dengan kenaikan 2°C.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan gambaran singkat dari metodologi penelitian tugas akhir ini,



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis BST-KNN

KNN diperlukan proses sintesis yang terdiri dari tiga tahapan. Tahapan diawali dengan sintesa prekursor $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ melalui teknik kopresipitasi oksalat. Bahan dasar yang digunakan terdiri dari $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{SrCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, TiCl_4 dan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang disuplai E.Merck. penyiapan precursor dilakukan dengan mereaksikan larutan TiOCl_2 yang diperoleh dari penambahan air kedalam TiCl_4 , Larutan 0.85BaCl_2 dan 0.15SrCl_2 yang ditempatkan dalam satu batch dengan larutan jenuh $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Selama proses ini dilakukan pada temperatur 40-41°C. Endapan yang diperoleh yaitu hasil reaksi $\text{MTiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dimana M adalah metal pembentuk MTiO_3 , yang kemudian dipisahkan dengan penyaringan, dan untuk menghilangkan Cl pencucian dilakukan dengan air bebas mineral. Untuk selanjutnya bubuk prekursor dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2 jam untuk mendapatkan ukuran partikel yang optimum serta membentuk fasa kristal yang diinginkan. Pemilihan suhu kalsinasi tersebut berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa suhu kalsinasi yang optimal pada rentang suhu 600-700°C ditinjau dari hasil analisa termal (TGA-DTA) pada sampel $\text{Ba}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ pada penelitian sebelumnya (Suasmoro, 2000) pada $T > 700^\circ\text{C}$ tidak teramati lagi adanya pengurangan masa teramati oleh TGA, sehingga pada suhu 700°C diyakini merupakan suhu kalsinasi yang optimum untuk terjadinya reaksi pembentukan material BST. Pada penelitian ini kalsinasi bubuk $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ dilakukan pada $T = 700^\circ\text{C}$ selama 2 jam.

Proses sintesis yang kedua yaitu pembuatan precursor KNN. KNN disintesis dengan metode reaksi padat (*solid state*) dikarenakan bahan dasar yang digunakan berupa serbuk K_2CO_3 , Na_2CO_3 , dan Nb_2O_5 (merk) dengan komposisi yang sesuai perhitungan stoikiometri. Metode reaksi padat ini dilakukan dengan cara mencampurkan semua serbuk ke dalam Planetary Milling dan menggunakan bola zirkonia dengan medium alkohol 96% selama satu jam dengan kecepatan 150 rpm. Hasil sintesis dengan reaksi padat ini masih menyisakan alkohol, sehingga dilakukan proses evaporasi menggunakan evaporator rotatif untuk menghilangkan sisa kandungan alkohol di dalam sampel KNN untuk mendapatkan ukuran butir yang sama. Tahap selanjutnya dilakukan kalsinasi pada suhu $700^\circ C$ selama 2 jam untuk mendapatkan ukuran partikel yang optimum dan terbentuk fasa kristal yang diinginkan. Pemilihan suhu kalsin tersebut dipilih berdasarkan penelitian Amalia bahwa suhu kalsin yang optimal pada rentang suhu $650^\circ C$ - $750^\circ C$ ditinjau dari penelitian Amalia. bahwa suhu kalsinasi yang optimal pada rentang suhu 650 - $750^\circ C$ ditinjau dari hasil analisa termal (TGA-DTA) pada sampel KNN.

Selanjutnya yaitu tahap pencampuran BST-KNN, prekursor BST dan KNN dicampurkan dengan rasio $1-x$ BST- x KNN dengan variasi $\{x = 0,1; 0,2\}$ dengan metode *solid state* dengan menggunakan Planetary Milling dan bola zirkonia dengan medium alkohol 96% diputar selama satu jam dengan kecepatan 150 rpm. selanjutnya untuk menghomogenkan ukuran butir dan menghilangkan sisa alkohol yang masih tersisa pada campuran BST-KNN maka dievapor menggunakan evaporator rotatif. Prekursor BST-KNN dikalsinasi dengan suhu $700^\circ C$ selama 2 jam. Prekursor hasil kalsinasi ditimbang masing-masing 0,4 gram pada setiap variasi komposisi untuk dibentuk pelet pada tekanan

50 MPa. Pelet disinter pada suhu 1200°C dengan penahanan selama 2 jam berdasarkan percobaan sinter yang dilakukan pada suhu 1100°C dan 1200°C yang telah dilakukan didapatkan tingkat shrinkage dari pellet yang disinter yang paling optimum berada pada suhu 1200°C. ini menandakan jika dengan melakukan pendopingan KNN terhadap BST dapat menurunkan suhu sintering BST murni yang mulanya adalah 1300°C (Suasmoro, 2000).

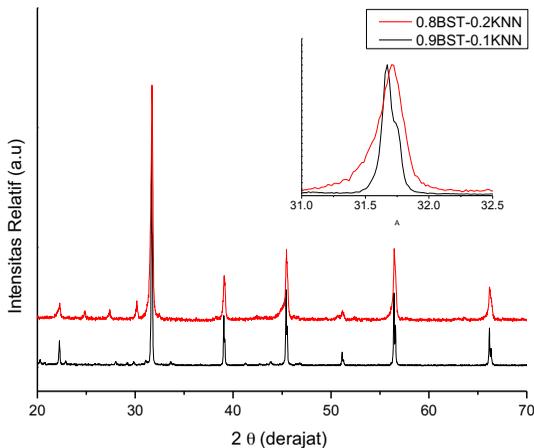
Pelet yang telah disinter kemudian dilakukan pengujian XRD, listrik dan densitasnya. Sampel yang telah disinter dilakukan pengujian densitas dengan metode Archimedes. Selanjutnya untuk pengujian listrik, sampel yang telah disinter perlu dilakukan preparasi tambahan yaitu melapisi kedua sisi pelet menggunakan pasta perak yang berfungsi sebagai elektroda pada saat pengujian listrik. Untuk mengeringkan pasta perak di kedua sisi, maka pelet dipanaskan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 10 menit pada setiap sisi secara bergantian. Kedua sisi yang telah dilapisi pasta perak kemudian dipasang kawat sebagai penghubung antara sampel yang berada dalam furnace ke solatron analyzier. Sampel yang telah terhubung dengan kawat dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu 925°C dengan penahanan waktu selama 20 menit untuk menghilangkan toluena yang tercampur di dalam pasta perak. Pemilihan suhu 925°C ini dikarenakan titik didih toluena adalah 950°C. Setelah pemanasan ini barulah dilakukan pengujian listrik pada sampel BST-KNN.

4.2 Analisis Hasil XRD

Hasil sintesis berupa campuran BST-KNN kemudian dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk. Dilakukan dua analisa struktur Kristal yaitu secara

kualitatif dan secara kuantitatif. Untuk analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan software Match! Untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel. Dan analisa kuantitatif dilakukan dengan menggunakan software Rietica.

Karakterisasi difraksi sinar-X terhadap sampel $B_{0.85}Sr_{0.15}TiO_3$ dengan penambahan $(K_{0.5},Na_{0.5})NbO_3 = 0,1; 0,2$ mol ditunjukkan oleh Gambar 4.1 Pola difraksi menunjukkan adanya perubahan posisi puncak difraksi seiring dengan kenaikan doping KNN seperti halnya ditunjukkan pada 2θ sekitar 31° - $32,5^\circ$. seperti Gambar 4.1 Perubahan pola difraksi ini secara kualitatif menjelaskan adanya substitusi K, Na terhadap Ba, Sr dan Nb terhadap Ti. Pergeseran puncak difraksi juga mengindikasikan adanya perubahan parameter kisi. Dari data XRD untuk sampel 0.8BST-0.1KNN pada gambar 4.1 teramati pula fasa minor yang belum teridentifikasi yang terletak pada 2θ sekitar 24° - 31° . Munculnya fasa minor ini diperkirakan karena BST telah melebihi batas maximum nya dalam mengkomodasi KNN.



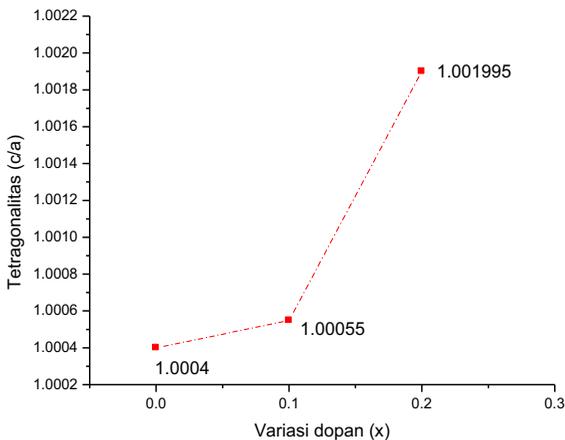
Gambar 4.1 Pola difraksi pada material $(1-x)BST-xKNN$

Analisa kuantitatif kemudian dilakukan dengan metode refinement untuk memperoleh parameter kisi dari sampel (1-x)BST-xKNN dengan $x = \{0.1; 0.2\}$. Data hasil XRD dibandingkan dengan model BST didekati dengan struktur tetragonal ($p4mm$) yang didapat dari data COD dimana posisi atom Ba berada pada ($x = y = z = 0$), atom Sr ($x = y = z = 0$), atom Ti ($x = y = 0.5; z = 0.482$), atom O ($x = y = 0.5; z = 0.016$), atom O ($x = 0.5; y = 0; z = 0.515$) dan dengan parameter kisi $a = b = 3.9890 \text{ \AA}$ dan $c = 39950 \text{ \AA}$. Dari hasil refinement yang telah didapat seperti pada Tabel 4.1 dimana hasil sintesis (1-x)BST-xKNN dengan suhu sinter 1200°C dengan waktu penahanan selama 2 jam memiliki struktur kristal tetragonal dengan parameter kisi nya $a = b \neq c$. nilai GOF yang kurang dari 4% menunjukkan bahwa selisih antara pola difraksi terukur dan terhitung sangat kecil.

Tabel 4.1 Hasil Analisa kuantitatif dengan metode refinement pada sampel (1-x)BST-xKNN

(x)	Parameter kecocokan	Parameter kisi (\AA)	struktur
0.1	Rp = 12.88 Rwp = 17.84 GoF= 2.92 R-Bragg = 2.96	$a=b= 3.987306 \pm 0.000106$ $c=3.989490 \pm 0.000234$	Tetragonal
0.2	Rp = 15.45 Rwp = 20.16 GoF= 3.85 R-Bragg = 3.30	$a=b= 3.983860 \pm 0.00017$ $c= 3.991868 \pm 0.00077$	Tetragonal

Dari hasil refinement diatas didapatkan nilai dari parameter kecocokan, parameter kisi dan struktur yang terbentuk. Berdasarkan hasil refinement sampel $(1-x)\text{BST}-x\text{KNN}$ dengan $x=\{0.1; 0.2\}$ ini menghasilkan provskite berstruktur ABO_3 . Hasil refinement menunjukkan sampel pada semua komposisi dopan didapatkan struktur tetragonal dengan parameter kisi $a = b \neq c$ dengan nilai $c > a$. Peningkatan doping KNN juga menyebabkan perubahan parameter kisi a dan b semakin kecil dan parameter kisi c bertambah seiring dengan bergesernya puncak difraksi ke sudut yang lebih besar. Pendopingan KNN terhadap BST membuat KNN akan larut sebagian saat mengakomodasi BST, karena jari-jari ion $\text{K}^+ = 164$ pm, $\text{Na}^+ = 139$ pm, dan $\text{Ba}^{2+} = 161$ pm, $\text{Sr}^{2+} = 144$ pm, bila K, Na mensubstitusi Ba, Sr dengan sempurna maka Na akan berperan memperkecil parameter kisi dari BaSrTiO_3 . Begitu pula untuk atom Nb yang mensubstitusi Ti, jari-jari atom Nb lebih kecil dari Ti, yaitu jari-jari ion untuk Nb = 64 pm, Ti = 74,5 pm.



Gambar 4.2 Tetragonalitas terhadap komposisi x

Apabila dibuat perhitungan perubahan tetragonalitas bahan (c/a) untuk sampel dengan doping KNN dengan $x=0.1$ adalah 1,00055 dan untuk $x=0.2$ adalah 1.0019 . Bila mengacu pada penelitian sebelumnya, derajat tetragonalitas untuk bahan $Ba_{0.85}Sr_{0.15}TiO_3$ adalah sebesar 1.0004 (Suasmoro,2000) bila dibandingkan dengan derajat tetragonalitas sampel untuk penambahan dopan KNN cenderung untuk naik.

4.3 Analisis Uji Densitas

Pengukuran densitas dari sampel dilakukan dengan menggunakan metode Archimedes. Sampel yang telah disintering dengan suhu $1200^{\circ}C$ selama 2 jam diukur densitas nya guna untuk mngetahui pengaruh dopan KNN terhadap mikrostruktur dari bahan BST. Dari hasil uji densitas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, secara teori nilai densitas menurun seiring dengan bertambahnya dopan KNN. Namun pengukuran dengan menggunakan metode Archimedes menunjukkan nilai yang sebaliknya, nilai densitasnya meningkat dengan penambahan dopan KNN.

Tabel 4.2 hasil Uji densitas pada material $(1-x)BST-xKNN$ dengan $x=0.1; 0.2$

Variasi (x)	Densitas		
	Archimedes (gr/cc)	Teoritik (g/cc)	Relatif(%)
0.1	5,1522	5,7682	89,3208
0.2	5,3496	5,6183	95,2174

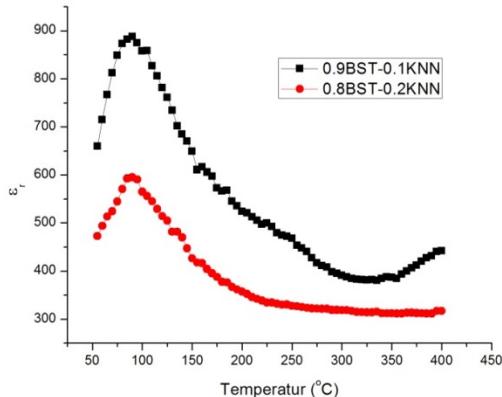
Dari perhitungan densitas relatif, sampel dengan dopan sebesar 20% mol KNN memiliki nilai densitas relatif yang lebih besar dari sampel dengan dopan 10% mol KNN yang

mengartikan bahwa penambahan dopan KNN berperan baik pada proses *shrinkage* BST. Titik leleh dari KNN sendiri adalah pada suhu 1100°C sehingga pada saat proses sintering sampel BST-KNN dengan suhu 1200°C , KNN telah mengalami perubahan fasa menjadi liquid yang akan larut dalam BST. Ketika proses sintering mencapai suhu diatas titik leleh KNN, semakin tinggi kadar KNN dalam sampel maka akan semakin banyak pula liquid KNN yang terlarut dalam sampel sehingga sampel akan lebih dense.

4.4 Karakteristik Sifat Listrik

Untuk mengetahui pengaruh kandungan KNN terhadap Temperatur Curie (T_c), dilakukan karakterisasi permitivitas terhadap sampel pada harga x tetap sebagai fungsi temperatur. Gambar 4.3 Menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai permitivitas relatif pada masing-masing sampel hingga mencapai nilai maksimum pada suhu $\sim 90^{\circ}\text{C}$ kemudian turun pada temperatur yang lebih tinggi. Berdasarkan kenaikan permitivitas relatif yang signifikan dan mencapai maksimum pada temperatur $\sim 90^{\circ}\text{C}$ maka dapat dinyatakan bahwa temperatur curie kedua sampel yaitu pada temperatur $\sim 90^{\circ}\text{C}$. Pada penelitian sebelumnya untuk sampel $\text{Ba}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3$ murni memiliki temperatur transisi dari struktur tetragonal ke kubik (T_c) terdapat pada temperatur disekitar 70°C (Suasmoro, 2000). Dan pada sampel dengan dopan KNN sebesar 10% dan 20% mempunyai T_c yang sama yaitu pada suhu 90°C yang diukur pada frekuensi 1,273 kHz. Bila dihubungkan kembali dengan derajat tetragonalitas dari masing-masing sampel pada Gambar 4.2, semakin besar tetragonalitas kisi kristalin akan mempunyai T_c yang lebih besar, dimana struktur yang mempunyai tetragonalitas lebih tinggi membutuhkan energi lebih besar untuk transformasi tetragonal-

kubik. Hal tersebut sejalan apabila dikaitkan pada derajat tetragonalitas antar bahan, yaitu BST yang didoping 10% KNN memiliki derajat tetragonalitas dan T_c yang lebih tinggi pula daripada BST murni. Dan apabila dibandingkan dengan sampel yang didoping 20% KNN keduanya tidak sejalan, BST dengan doping 20% KNN memiliki derajat tetragonalitas yang lebih tinggi dari BST dengan dopan 10%KNN namun memiliki T_c yang sama hal tersebut disebabkan adanya fasa sekunder dari komposisi BST dengan dopan 20% KNN yang terjadi bila substitusi tidak berjalan secara sempurna.



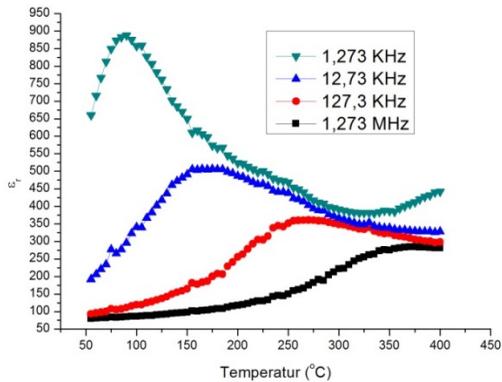
Gambar 4.3 Grafik hubungan permitivitas relatif terhadap temperatur pada frekuensi 1,273 kHz material $(1-x)\text{BST}-x\text{KNN}$

Kebergantungan permitivitas relatif terhadap temperatur pada frekuensi tertentu disetiap komposisi $\{x=0,1; 0,2\}$ ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan 4.5 secara berurutan. Pada masing-masing sampel nilai permitivitas relatif pada T_m yang sama (90°C) semakin menurun seiring bertambahnya komposisi dopan KNN 10% dan 20% yaitu ~ 900 dan ~ 600 . Hal ini

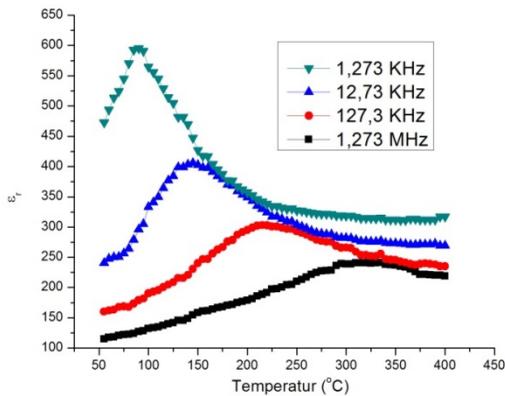
menunjukkan bila penambahan KNN sebesar 10% memberikan nilai lebih baik jika dibanding penambahan KNN sebesar 20%. Hal ini mungkin dapat dikarenakan kemampuan menerima bahan doping terbatas, sehingga kelebihan bahan doping menyebabkan timbulnya fasa sekunder yang dapat memperkecil permitivitas.

Bila dibandingkan pada satu sampel pula, nilai permitivitas menurun seiring dengan meningkatnya frekuensi begitu pula nilai T_m semakin meningkat dengan penurunan puncak permitivitas. Dapat dilihat pada gambar 4.4 pada sampel dengan doping 10%KNN pada masing-masing frekuensi pengukuran yang berbeda terdapat puncak nilai permitivitas relatif pada temperatur yang berbeda, yaitu untuk frekuensi 12,7 kHz berada pada $T \sim 150^\circ\text{C}$, frekuensi 127,3 kHz berada pada $T \sim 250^\circ\text{C}$ dan untuk frekuensi 1,27 Mhz berada pada $T \sim 350^\circ\text{C}$. Begitu pula untuk sampel dengan doping 20%KNN pada masing-masing frekuensi pengukuran yang berbeda terdapat puncak nilai permitivitas relatif pada temperatur yang berbeda, yaitu untuk frekuensi 12,7 kHz berada pada $T \sim 130^\circ\text{C}$, frekuensi 127,3 kHz berada pada $T \sim 220^\circ\text{C}$ dan untuk frekuensi 1,27 Mhz berada pada $T \sim 320^\circ\text{C}$ dengan penurunan nilai permitivitas dan puncak yang semakin lebar dan landai (menuju konstan) seiring meningkatnya frekuensi pengukuran. Karakteristik tersebut merupakan ciri khas dari relaxor, nilai pemitivitas yang cenderung menuju konstan pada frekuensi tinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh dua hal. Pertama, karena keberadaan dua bahan ferroelektrik dalam sampel yang menunjukkan suhu transisi rendah (karakteristik BST) dan suhu transisi tinggi (karakteristik KNN). Kedua, beberapa faktor yang harus dipertimbangkan mengenai respon dielektrik akibat defek bahan perovskite yaitu defek dipol akibat pendopongan KNN terhadap BST dan jangkauan panjang dari

dipole granuler yang disebabkan oleh muatan ruang atau elektron termal pada suhu tinggi di bawah pengaruh medan listrik luar.



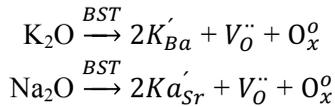
Gambar 4.4 Grafik hubungan permitivitas relatif terhadap temperatur pada material 0.9BST-0.1KNN



Gambar 4.5 Grafik hubungan permitivitas relatif terhadap temperatur pada material 0.8BST-0.2KNN

Pendopongan KNN terhadap BST akan membentuk fasa tunggal BaSrTiO₃ bila K, Na tersubstitusi sempurna ke dalam situs A yang diisi oleh Ba dan Sr, dan substitusi Nb ke situs B yang diisi oleh Ti. Substitusi atom dopan kedalam sampel ini menyebabkan adanya ketidakseimbangan elektronik dalam kisi. Apabila K⁺, Na⁺ mensubstitusi Ba²⁺, Sr²⁺ pada situs A maka akan menimbulkan vakansi oksigen begitupun Nb yang mensubstitusi Ti⁴⁺ pada situs B dalam keadaan valensi 5+ maka fasa yang terbentuk akan menimbulkan elektron donor. Dalam notasi Kroger dan Vink maka keseimbangan muatannya adalah

Pada situs A,



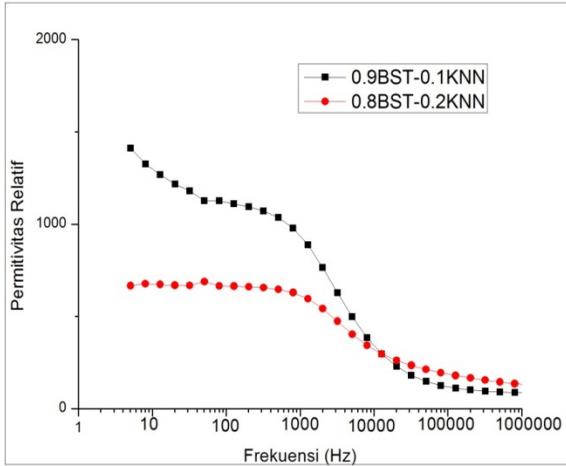
Pada situs B,



Dengan adanya elektron donor, bila dipengaruhi oleh medan listrik maka akan berlaku sabagi muatan ruang (space charge).

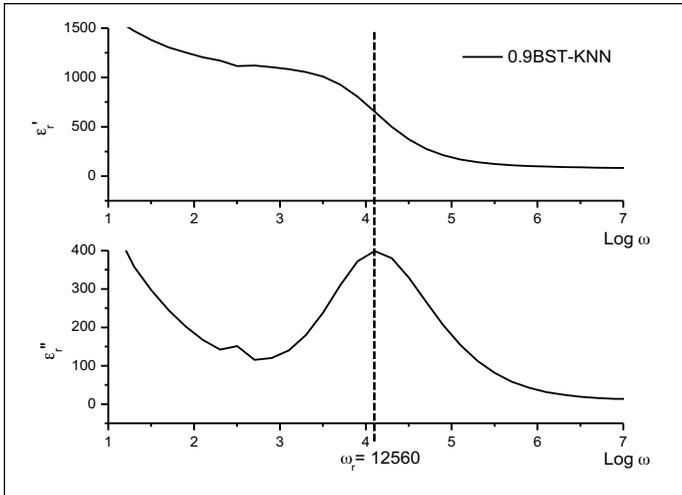
Dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui adanya muatan ruang dengan melihat karakteristik bahan dielektrik sebagai fungsi frekuensi akibat adanya pendopongan KNN terhadap material BST. Gambar 4.6 menunjukkan respon permitivitas terhadap frekuensi untuk kandungan KNN yang berbeda pada suhu 90°C. Karakteristik permitivitas sebagai fungsi frekuensi dari sampel yang didoping akan menunjukkan karakter Debye dimana muatan ruang dalam pengaruh medan listrik akan mengikuti proses diffusional, dan karena responnya akan menuruti hubungan Debye seperti pada Rumusan 2.2, Fenomena ini dapat dikaitkan dengan kesimpulan bahwa Nb yang

mensubstitusi Ti bervalensi +5 memberikan elektron donor yang berfungsi sebagai muatan ruang. Dan naiknya permitivitas dengan adanya muatan ruang disebabkan oleh kontribusi dipol muatan ruang dalam butir (grain).

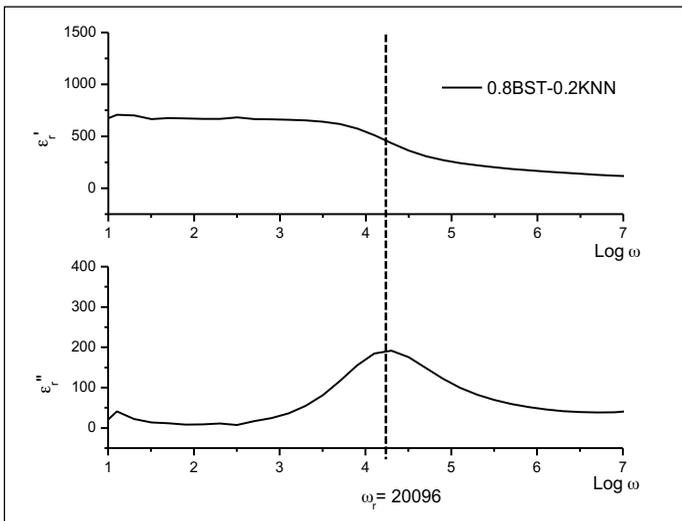


Gambar 4.6 Grafik hubungan ϵ_r terhadap frekuensi

Salah satu pengamatan pada plot ϵ_r terhadap frekuensi yang dipilih pada suhu uji 90°C ini menunjukkan adanya pengaruh muatan ruang akibat hasil pendopongan pada masing-masing sampel. Hubungan permitivitas relatif terhadap frekuensi telah menunjukkan karakteristik debye seperti pada Gambar 2.7 yang menjelaskan tentang respon polarisasi yang terjadi bahan dielektrik yang bergantung pada perubahan frekuensi. Untuk mendapatkan batas yang jelas transisi kedua daerah polarisasi muatan ruang dan polarisasi dipole, maka dibuatlah grafik hubungan permitivitas riil dan imajiner masing-masing sebagai fungsi frekuensi sudut untuk mendapatkan puncak-puncak debye sebagai frekuensi relaksasi untuk masing-masing polarisasi seperti pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Hubungan permitivitas riil (ϵ_r') dan imajiner (ϵ_r'') terhadap frekuensi untuk sampel 0.9BST-0.1KNN

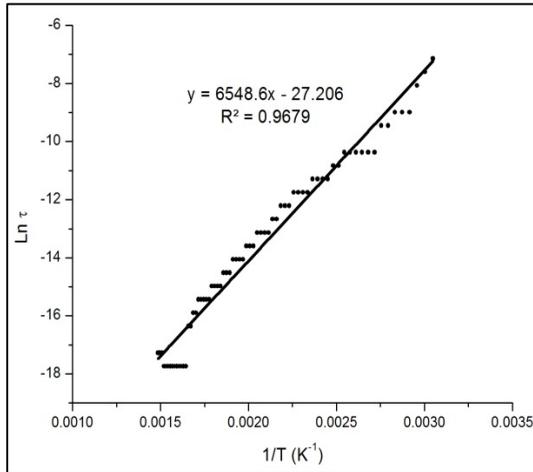


Gambar 4.8 Hubungan permitivitas riil (ϵ_r') dan imajiner (ϵ_r'') terhadap frekuensi untuk sampel 0.8BST-0.2KNN

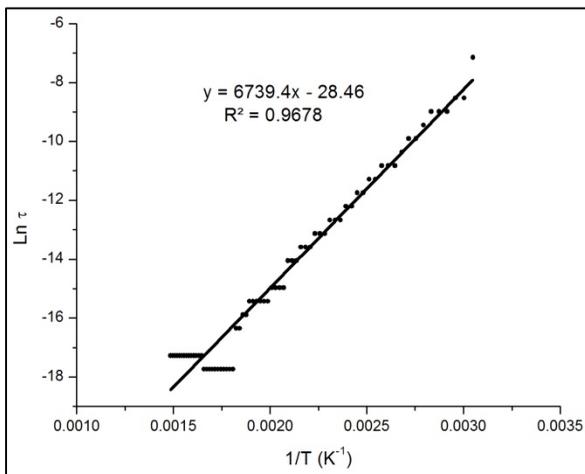
Berdasarkan pada hasil plot permitivitas imajiner sebagai fungsi frekuensi, bila dibandingkan antara kedua sampel, untuk sampel dengan doping KNN 10% polarisasi muatan ruang terjadi hingga frekuensi 2000 Hz atau $\omega=12560$ seperti pada Gambar 4.7, sedangkan untuk sampel yang didoping KNN 20% polarisasi muatan ruang terjadi hingga frekuensi 3200 Hz atau $\omega=20096$ seperti pada Gambar 4.8. Hal ini menjelaskan bahwa sampel dengan doping KNN 20% memiliki respon dari polarisasi muatan ruang yang lebih besar daripada sampel dengan doping KNN 10% dikarenakan semakin banyaknya muatan ruang akibat hasil pendopingan. Adanya puncak dari kurva debye yang terbentuk pada frekuensi tertentu yang disebut dengan frekuensi relaksasi yaitu frekuensi saat respon relaksasi dari sekumpulan dwikutub yang tak berinteraksi satu sama lain, secara ideal, atas berubahnya medan listrik dari luar. Dalam proses mengikuti arah medan tersebut, waktu yang dibutuhkan oleh dipole untuk mencapai orientasi keseimbangan disebut waktu relaksasi, kebalikan dari frekuensi relaksasi. Waktu relaksasi atau tetapan waktu dari mekanisme diffusional memenuhi $\omega\tau=1$ maka $\tau=1/\omega$ atau $1/2\pi f$ dimana f diambil pada puncak kurva debye, diperoleh untuk sampel dengan doping 10% KNN $\tau \sim 8 \times 10^{-5}$ det dan untuk sampel dengan doping 20% $\tau \sim 5 \times 10^{-5}$ det.

Dari hasil tetapan waktu relaksasi τ yang telah didapat dari masing-masing sampel, mengingat bahwa waktu relaksasi τ bergantung pada suhu seperti yang dinyatakan dalam persamaan Arrhenius pada Rumusan 2.5 maka dapat dibuatlah grafik hubungan $\ln \tau$ dengan $1/T$ seperti pada Gambar 4.9 dan 4.10. . Bila hasil plotting didekati dengan regresi linier akan menghasilkan persamaan garis $y=ax+b$, dimana a adalah E_a/k dengan E_a adalah energi aktivasi pada proses relaksasi. Sehingga

energi aktivasi pada proses relaksasi masing-masing sampel dapat diperoleh.



Gambar 4.9 Grafik hubungan waktu relaksasi dengan temperatur pada sampel 0.9BST-0.1KNN



Gambar 4.10 Grafik hubungan waktu relaksasi dengan temperatur pada sampel 0.8BST-0.2KNN

Dari Gambar 4.9 dan 4.10, energi aktivasi untuk sampel dengan doping 10%KNN adalah 0,564 eV dan untuk sampel dengan doping 20%KNN energi aktivasinya 0,58eV. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar kandungan doping maka energi yang dibutuhkan oleh dipole untuk mencapai orientasi keseimbangannya semakin besar dengan kenaikan yang tidak terlalu signifikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan, diperoleh beberapa kesimpulan. Diantaranya :

1. Pendopingan KNN telah berhasil larut dalam struktur BST dan mempengaruhi struktur Kristal dari BST yang ditunjukkan dengan nilai tetragonalitas (c/a) yang meningkat dengan bertambahnya dopan KNN. Tetragonalitas sampel dengan doping KNN 10% 1,00055 dan doping KNN 20% 1,00199
2. Akibat pendopingan KNN, terjadi perubahan sifat dari material BST yang awalnya bersifat feroelektrik menjadi relaxor
3. Analisis respon permitivitas bahan terhadap frekuensi menunjukkan adanya karakter Debye yang merupakan karakteristik diffusional dari muatan ruang (space charge) yang memiliki tetapan waktu relaksasi dan energi aktivasi untuk sampel dengan doping KNN 10% $\tau \sim 8 \times 10^{-5}$, $E_a \sim 0,564$ eV dan doping KNN 20% $\tau \sim 5 \times 10^{-5}$, $E_a \sim 0,58$ eV

5.2 Saran

Material $(1-x)\text{Ba}_{0,85}\text{Sr}_{0,15}\text{TiO}_3-x(\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{NbO}_5$ telah dipelajari proses sintesis dan karakterisasinya. Dari hasil penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut baik dari segi variasi komposisi x dari nilai yang lebih kecil maupun yang lebih besar supaya dapat dianalisa dengan jelas pengaruh dari pendopingan tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ahtee, M et al. 1976. *Lattice Parameters and Tilted Octahedra in Sodium-Potassium Niobate Solid Solition*, Acta Crystallographica, Section A : Foundations of Crystallography, 32 434-4
- Beitollahi A, Mortazavi S A. *Effect of the level of addition of Nb_2O_5/Co_2O_3 and Ba (Nb_2O_5 Colli) Oi on the structure, microstructure, and dielectric properties of $BaTiO_3$* . J. Mater. Sci. : Mater. Elektron. , 2003, 14(3) : 129.
- Bokov, A. A., 2007. *Recent Ptogress in Relaxor Feroelectrics with Perovskite Structure*. J. Of Material Science 31-52.
- Callister, William. D. 2008. *Materials science and engineering 3rd edition: an introduction/* William D. Callister. John Wiley & Sons, Inc. United State.
- Chen, T., Wang, H., Zhang, T., Wang, G., Zhou, J., Zhang, J., Liu, Y., 2013. *Piezoelectric behavior of $(1-x)K0.50Na0.50NbO_3-xBa0.80Ca0.20ZrO_3$ lead-free ceramics*. Ceram.Int. 396619–6622. doi:10.1016/j.ceramint.2013.01.098
- Hirokazu Chazono, Hiroshi Kishi. *Sintering characteristics in $BaTiO_3-Nb_2O_5-Co_3O_4$ ternary system: I Electrical properties and microstructure*. J Am. Ceram. Soc., 1999, 82(10): 2689.
- Hongliang Du, Wancheng Zhou, Fa Luo, Dongmei Zhu, Shaobo Qu, and Zhibin Pei. 2009. *Phase structure, dielectric properties, and relaxor behavior of $(K 0.5 Na 0.5) NbO_3 - (Ba 0.5 Sr 0.5) TiO_3$ lead-free solid solution for high temperatur applications*. Journal of Applied Physics 105, 124104
- Kingery, W.D., 1976. *Introduction to Ceramics*, 2nd Edition, ed. Wiley-interscience, New York.

- M. Kosec, V. Bobnar, M. Hrovat, J. Bernard, B. Malic, and J. Holc. *J. Mater. Res.* 19, 184920
- Moulson, A.J., J.M. Herbert. 2003. *Electroceramics*, 2nd Edition. John Wiley and Sons, Inggris.
- R.E Jaeger, L. Egerton, Hot pressing of potassium–sodium niobates, *Journal of the American Ceramic Society* 45 (1962) 209–213
- R. Maharsi, 2014. Karakterisasi Kekristalan dan Konstanta Dielektrik $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ yang Dibuat dengan Metode Solid State Reaction, Skripsi, Universitas Sebelas Maret.
- Pratapa, S., 2011. Analisis Data Difraksi menggunakan Metode Rietveld. Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Shou-Yi Kuo, Wen-Yi Liao, and Wen-Feng Hsieh. 2001. *Structural ordering transition and repulsion of the giant LO-TO splitting in polycrystalline $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$* . National Chiao Tung University
- Suasromo, S. 2012. Feroelektrik Barium Stronsium Titanat ($Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$). Surabaya; ITSpress
- S. Suasromo, E. Hastuti, D. Darminto. 1007. *Defect Analysis of Y^{3+} - doped $Ba_{0,95}Sr_{0,15}TiO_3$ above Curie Temperatur*. Physics, ITS.
- Suwarni Alpi, Zaidah, Agus Supriyanto, Anif Jamaluddin, dan Yofentina Iriani Struktur Mikro dan Sifat Listrik Material Feroelektrik Barium Titanat dengan doping Stronsium, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Universitas Sebelas Maret
- S. Z. Ahn., 1987. *J. Song: Japan. J. Appl. Phys*
- Wang S F, Gordon O D. *Dielectric properties of fine grained barium titanate based X7R materials*. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1999, 82(10): 2677.
- Zhang, X. Wang, W. Yang, H. Liu, and X. Yao, *J. Appl. Phys.* 104, 0141042008

LAMPIRAN A DATA BASE SAMPLE

- **Data COD untuk BaSrTiO3**

Data ICSD untuk MgTiO3

```

data_1512121
loop_
  _publ_author_name
  'Natheer B. Mahmood'
  'Emad K. Al-Shakarchi'
  'Brahim Elouadi'
  _publ_section_title
  ;
  Three Techniques Used to Produce BaTiO3 Fine Powder
  ;
  _journal_name_full           'Journal of Modern Physics'
  _journal_page_first         1420
  _journal_page_last          1428
  _journal_paper_doi          10.4236/jmp.2011.211175
  _journal_volume             2
  _journal_year               2011
  _chemical_formula_analytical Ba(0.8)Sr(0.2)TiO3
  _chemical_formula_structural BST
  _chemical_formula_sum       'Ba0.8 O3 Sr0.2 Ti'
  _chemical_formula_weight_meas 223.250
  _chemical_name_systematic
  ;
  Barium strontium titanate
  _space_group_IT_number      99
  _symmetry_Int_Tables_number 99
  _symmetry_space_group_name_Hall 'P 4 -2'
  _symmetry_space_group_name_H-M 'P 4 m m'
  _audit_creation_date        2013-07-21
  _audit_creation_method     'natheer '
  _audit_update_record       2013-07-22
  _cell_angle_alpha          90.000
  _cell_angle_beta           90.000
  _cell_angle_gamma          90.000
  _cell_formula_units_Z      1
  _cell_length_a              3.9890
  _cell_length_b              3.9890
  _cell_length_c              3.9950
  _cell_volume                63.569
  
```

```

_cell_volume 63.569
_exptl_crystal_density_meas 5.830
_cod_data_source_file BST8.cif
_cod_data_source_block BST8
_cod_original_cell_volume 63.6
_cod_original_sg_symbol_Hall P_4_-2
_cod_original_formula_sum 'Ba0.8 Sr0.2 Ti O3'
_cod_database_code 1512121
loop_
_symmetry_equiv_pos_site_id
_symmetry_equiv_pos_as_xyz
1 x,y,z
2 -y,x,z
3 -x,-y,z
4 y,-x,z
5 -x,y,z
6 x,-y,z
7 -y,-x,z
8 y,x,z
loop_
_atom_site_label
_atom_site_type_symbol
_atom_site_fract_x
_atom_site_fract_y
_atom_site_fract_z
_atom_site_occupancy
_atom_site_symmetry_multiplicity
_atom_site_Wyckoff_symbol
_atom_site_calc_flag
sr Sr 0.0000 0.0000 0.0000 1.000 1 a d
ba Ba 0.0000 0.0000 0.0000 1.000 1 a d
ti Ti 0.5000 0.5000 0.4820 1.000 1 b d
o O 0.5000 0.5000 0.0160 1.000 1 b d
o O 0.5000 0.0000 0.5150 1.000 2 c d
loop_
_atom_type_symbol
_atom_type_radius_bond
Sr 1.200
Ba 1.200
Ti 1.200
O 1.200

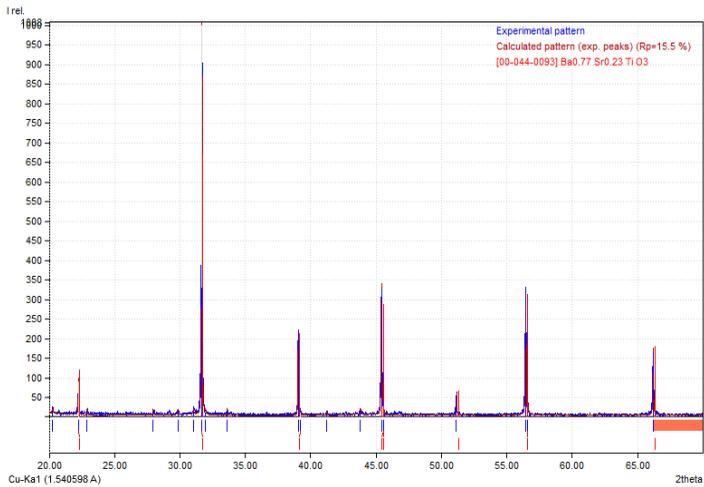
```

LAMPIRAN B

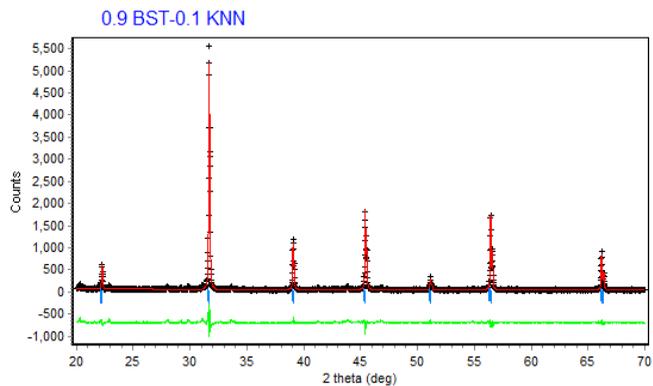
DATA HASIL MATCH dan REFINEMENT BST-KNN

a. Sampel 0.9BST-0.1KNN suhu sinter 1200°C 2 jam

- Hasil Match dari sampel 0.9bst-0.1KNN

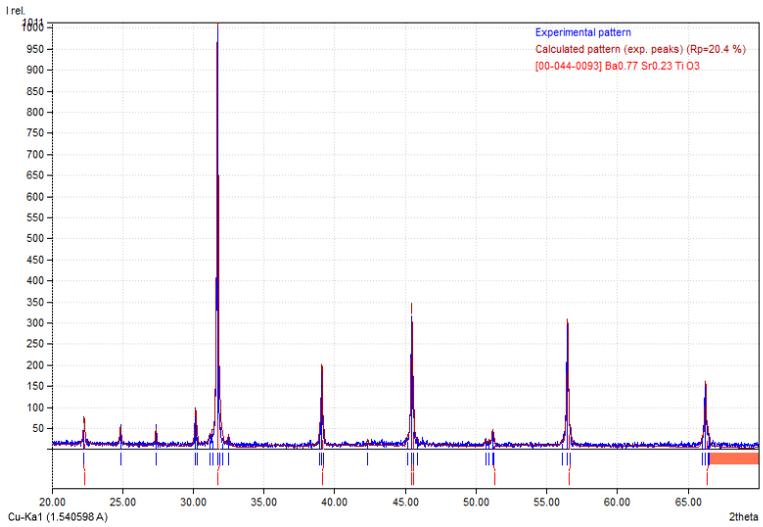


- Hasil refinement sampel 0.8BST-0.1KNN



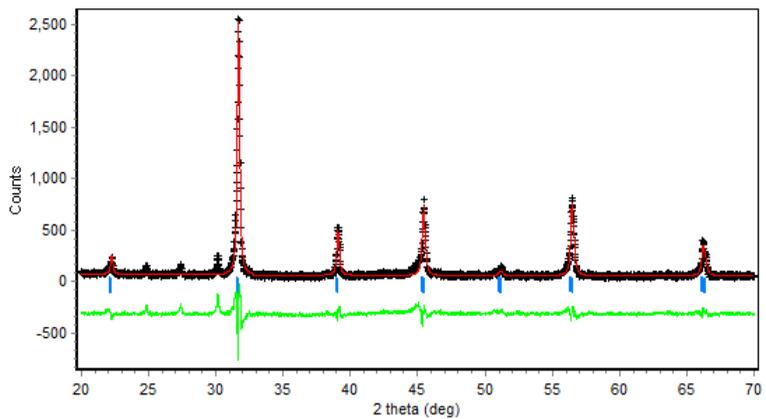
b. Sampel 0.8BST-0.2KNN suhu sinter 1200°C 2 jam

- Hasil Match dari sampel 0.9bst-0.1KNN



- Hasil refinement sampel 0.8BST-0.1KNN

0.8BST-0.2KNN



LAMPIRAN C
PERHITUNGAN TETAPAN WAKTU RELAKSASI dan
ENERGI AKTIVASI

a. Perhitungan Waktu Relaksasi

Waktu relaksasi atau tetapan waktu dari mekanisme diffusional memenuhi :

$$\begin{aligned}\omega\tau &= 1 \\ \tau &= \frac{1}{\omega} \\ &= \frac{1}{2\pi f}\end{aligned}$$

- Sampel 0.9BST-0.1KNN

F relaksasi = 2100 Hz

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{2\pi f} \\ &= \frac{1}{2.3 \times 14 \times 2100} \\ &= \frac{1}{13.188} \\ &= \sim 8 \times 10^{-5} \text{ det}\end{aligned}$$

- Sampel 0.8BST-0.2KNN

F relaksasi = 3200 Hz

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{2\pi f} \\ &= \frac{1}{2.3 \times 14 \times 3200} \\ &= \frac{1}{13.188} \\ &= \sim 5 \times 10^{-5} \text{ det}\end{aligned}$$

b. Perhitungan Energi Aktivasi

waktu relaksasi τ bergantung pada suhu yang dinyatakan dalam persamaan Arrhenius,

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

$$\ln \tau = \ln \tau_0 + \left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

$$\ln \tau = \ln \tau_0 + \left(\frac{E_a}{k}\right) \frac{1}{T}$$

$$y = ax + b$$

dengan $a = \left(\frac{E_a}{k}\right)$

sehingga $E_a = a \times k$

- Sampel 0.9BST-0.1KNN

Regresi linier grafik $\ln \tau$ terhadap $1/T$: $y = 6548,6x - 27,206$

$$a = 6548,6$$

$$E_a = a \times k$$

$$= 6548,6 \times 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV.K}^{-1}$$

$$= 0,564 \text{ eV}$$

- Sampel 0.8BST-0.2KNN

Regresi linier grafik $\ln \tau$ terhadap $1/T$: $y = 6739,4x - 28,46$

$$a = 6739,4$$

$$E_a = a \times k$$

$$= 6739,4 \times 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV.K}^{-1}$$

$$= 0,58 \text{ eV}$$

BIOGRAFI PENULIS



Penulis “Yhuanita Nurul Kaukaba” merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara yang lahir di kota Sidoarjo pada 18 Desember 1996. Semasa kecil penulis menempuh pendidikan formal antara lain di TK Dharma Wanita Kebonagung, SD Negeri 1 Kebonagung, SMP Negeri 1 Sukodono, dan SMA Negeri 4 Sidoarjo. Penulis memulai pendidikan S1 di Departemen Fisika ITS pada tahun 2014 dan menyelesaikan Tugas Akhir pada semester 8. Selama mengenyam pendidikan S1 di Departemen Fisika ITS, penulis telah mengikuti pelatihan LKMM pra-TD serta turut berkontribusi dalam bidang organisasi Intra Kampus yaitu menjabat sebagai Direktur LBB Best Science Score, divisi PERKOM, BEM FMIPA pada tahun 2016-2017. Dengan adanya tulisan Tugas Akhir ini, penulis berharap akan adanya pengembangan penelitian material berstruktur perovskite lebih lanjut sehingga dapat berguna dan bermanfaat bagi kemajuan dalam kehidupan yang lebih baik. Kritik dan saran dapat ditujukan ke alamat email : yhuanita.kaukaba@gmail.com.