

# DISC

---

Digital Information & Systems Conference

3 Oktober 2009

Buku 3

Computer Engineering Dept.  
Faculty of Engineering  
UK. Maranatha

ISBN : 978-979-1194-11-2

# Daftar Isi

Kata Pengantar		i
Daftar isi		ii
Pola Frekuensi Dasar Suara Penyiar Radio Indonesia	Yohanes Suyanto Dan Agus Harjoko	1
Sistem Pengukuran Lebar Cortical Bone Berbasis Active Shape Model Pada Citra Panorama Gigi	Agus Zainal Arifin, Gede Wirya Wardhana, Dini Adni Navastara, Hudan Studiawan	7
Evaluasi Penerimaan Sistem Informasi Dengan Pendekatan Teori Technology Acceptance Model (Tam) (Studi Kasus: Sistem Informasi Penasehat Akademik Universitas Budi Luhur)	Dyah Retno Utari, Arief Wibowo	15
Perbandingan Kinerja Basis Data Berorientasi-Objek Dengan Basis Data Relasional Studi Kasus: Aplikasi Jpetstore	Petrus Mursanto, Muntasir Rahman	23
Pengembangan Sistem Penunjang Keputusan Untuk Prediksi Produksi Madu Hutan Di Taman Nasional Danau Sentarum: Kerangka Konsep	Ambar Yoganingrum, Dana Indra Sensuse	30
Algoritma Kendali Sistem Pengisian Tabung Bahan Bakar Untuk Aplikasi Generator Dengan Konsep Dual Fuel	Aam Muharam, Widodo Budi Santoso, Achmad Praptijanto	38
Optimasi Irigasi Sawah Dengan Menggunakan Algoritma Genetik	Bilqis Amaliah, Chastine Faticah, Agus Zainal A, Eka Gibran Hasany, Maula N. M. Fachrurrozie	45
Dashboard Tata Laksana Proses Bisnis Perusahaan	Achmad Holil Noor Ali, Anisah Herdiyanti	51
Implementasi Personal Preference Pada Sistem Share-It Berbasis Pada Platform Unix	Ary Mazharuddin S. – Yudhi Purwananto – Agus Purwono	57
Penerapan Dan Perbandingan Metode Average Filter Dan Metode Median Filter Untuk Mengurangi Noise Pada Citra Digital	Wiwin Sulisty, Yos Richard Beeh, Filipus Frans Y.	62
Preparasi $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ Dan Karakterisasinya Dengan Xrd	Dwi Nugraheni Rositawati, Djoko Triyono	69
Evaluasi Kesuksesan Sistem Informasi Dengan Pendekatan Model Delone Dan Mclean (Studi Kasus Implementasi <i>Billing System</i> Di RSUD Kabupaten Sragen)	Budiyanto, Rahmawati, Santoso Tri Hananto	75
Sistem Informasi Nilai Mahasiswa Dengan Menggunakan Aplikasi Sms Gateway	Indri Neforawati, Hoga Saragih	81

## PREPARASI $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ DAN KARAKTERISASINYA DENGAN XRD

Dwi Nugraheni Rositawati<sup>1</sup>, Djoko Triyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma  
e-mail: wiwik\_fis@staff.usd.ac.id

<sup>2</sup>Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia  
e-mail: djoko.triyono@fisika.ui.ac.id

### ABSTRAK

Telah dilakukan preparasi keramik  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$  untuk aplikasi PTC Thermistor. Preparasi  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$  dilakukan dari campuran bubuk  $BaCO_3$ ,  $SrCO_3$  dan  $TiO_2$  yang *dimilling* selama 4 jam dan dikalsinasi pada  $1100^\circ C$  selama 4 jam. Bubuk yang sudah dikalsinasi dicampur dengan PVA dan kemudian dikompaksi menjadi pellet dengan tekanan  $4 \text{ ton/cm}^2$  dan ditahan selama 30 detik. Karakteristik PTC yang menarik adalah efek dimana resistansi suatu material akan naik secara signifikan apabila material tersebut mengalami kenaikan temperatur. Supaya diperoleh karakteristik kelistrikan terhadap temperatur pada material PTC yang lengkap maka penting untuk diketahui struktur kristal dari material tersebut pada variasi temperatur dan waktu *sintering*. *Sintering* pada pellet dilakukan pada variasi temperatur dan waktu *sintering* yaitu  $1200^\circ C$  selama 1, 2 dan 3 jam serta  $1300^\circ C$  selama 2 jam, dengan kecepatan pemanasan dan pendinginan  $40^\circ C/\text{menit}$ .

Dari Karakterisasi XRD yang dilakukan pada  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$  dapat diketahui bahwa  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$  yang telah dibuat mempunyai fasa tunggal dengan struktur kubus sederhana dengan bidang-bidang yang ditemukan adalah (100), (110), (111), (200), (210) dan (211) serta dapat diketahui bahwa temperatur dan waktu *Sintering* tidak mengubah fasa dan struktur  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ .

Key words/ Kata Kunci:  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$ , *Sintering*, XRD, Struktur kristal

### 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan ilmu pengetahuan semakin banyak dan beragam. Perkembangan tersebut tentunya tidak terlepas dari perkembangan penemuan-penemuan sifat-sifat menarik dari suatu material sebagai bahan dasar. Barium Strontium Titanate dengan rumus kimia  $BaSrTiO_3$  atau yang lebih dikenal dengan istilah BST adalah salah satu jenis material keramik yang menarik untuk diteliti. BST merupakan material ferroelektrik yang termasuk ke dalam jenis *perovskite* yang diturunkan dari Barium Titanate ( $BaTiO_3$ ) yang didoping dengan Strontium (Sr).

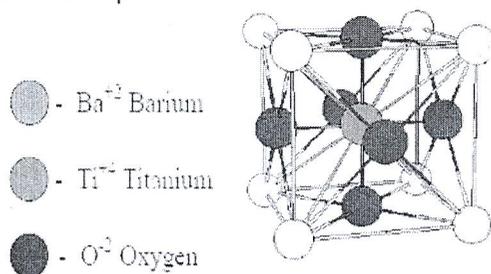
Penelitian terus berlanjut seturut dengan perkembangan penelitian material Barium Titanate ( $BaTiO_3$ ) yaitu dengan diketemukannya berbagai sifat menarik diantaranya adalah bahan ini sangat praktis karena sifat kimia dan mekaniknya sangat stabil, mempunyai sifat ferroelektrik pada temperatur ruang sampai dengan  $120^\circ C$ . Aplikasi material Barium Titanate ( $BaTiO_3$ ) meliputi bidang termal, listrik, elektro mekanik, dan elektro optis yaitu sebagai PTC (*Positive Temperature Coefficient*) thermistor (Bomlai, P. et al, 2004), transduser piezoelektrik, peralatan elektro optis, *multilayer capacitor* (MLCs), *dielectric bolometers for infrared detection*, *dynamic random access memories* (DRAM) (Hungria, T, 2005) dan *tunable capacitor* untuk teknologi microwave (Zhu, 2003).

Barium Titanate dan turunannya dapat dibuat dengan berbagai metode seperti sputtering dan spin coating, pulsed laser deposition (PLD) (Lopez, LL. et al, 2000), *Mechanosynthesis powder*, chemical vapor deposition (CVD), chemical solution deposition (CSD), dan sol gel (Tian, HY. et al, 2002). Preparasi material yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode *Mechanosynthesis powder*. Aplikasi dari material  $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$  pada penelitian ini adalah sebagai PTC thermistor. Hal menarik dari sifat sebagai PTC adalah suatu efek dimana resistansi suatu material akan naik secara signifikan apabila material tersebut mengalami kenaikan temperatur (Wang, HL, 2002). Supaya diperoleh karakteristik

kelistrikan terhadap temperatur pada material PTC yang lengkap maka penting untuk diketahui struktur kristal dari material tersebut pada variasi temperatur dan waktu *sintering*. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk:

1. Preparasi material  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ .
2. Menentukan struktur kristal dari sampel  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  bubuk maupun pellet yang diperoleh dari proses *sintering*.
3. Mengetahui pengaruh temperatur dan waktu *Sintering* terhadap fasa dan struktur kristal  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$ .

Barium titanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) adalah suatu material yang bersifat ferroelektrik dan mempunyai struktur kristal *perovskite* dengan rumus umum  $(\text{A}_1\dots\text{A}_n)(\text{B}_1\dots\text{B}_n)\text{O}_3$  dimana A = kation valensi 1 s/d 2 dan B = kation valensi 3 s/d 7 (Sen, S. et al, 2004). Struktur tersebut dianggap sebagai struktur turunan FCC yang mempunyai kation A dan oksigen bersama-sama membentuk kisi FCC sementara kation B lebih kecil menyisip oktahedral di tengah kisi FCC. Unit selnya diperlihatkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *perovskite*  $\text{BaTiO}_3$  (Wang, HL, 2002)

Material barium titanat perlu didoping untuk memperoleh sifat-sifat seperti sifat listrik, mekanik, optis dan lain-lain. Doping untuk barium titanat dapat ditentukan dengan mengacu rumus umum struktur *perovskite* (lihat di atas) yaitu unsur dari golongan 1 s/d 2 untuk kation A atau 3 s/d 7 untuk kation B (Sen, S. et al, 2004). Walaupun begitu, beberapa jenis doping lebih sering digunakan yaitu seperti Pb, Sr, La, Sc, Y, Sb, Nb, Ta dan Sn (Wang, HL, 2002). Pb merupakan salah satu contoh doping yang dapat memperbaiki sifat mekanik material tersebut.  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  merupakan material turunan  $\text{BaTiO}_3$  yang diperoleh dengan mendoping barium titanat dengan Sr dengan perbandingan komposisi x pada  $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$  adalah 0,5. Doping Sr berguna untuk meningkatkan sifat kelistrikan material tersebut. Setelah didoping, BST mempunyai struktur *perovskite* kubus sederhana dengan parameter kisi  $a = 0,395 \text{ nm}$  (Lopez, LL. et al, 2000).

Struktur tersebut dapat diketahui dari atom-atom di dalam kristal yang berada pada bidang-bidang kisi yang dicirikan melalui indeks Miller (hkl). Sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal mengikuti suatu hukum Bragg yang dirumuskan sebagai:

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

Intensitas hasil difraksi akan tertangkap oleh detektor pada sudut-sudut tertentu (sudut difraksi / sudut Bragg). Untuk bahan polikristal akan diperoleh sederetan puncak-puncak difraksi. Sehingga berdasarkan hukum Bragg, pola-pola intensitas yang terjadi menandakan bidang-bidang kristal yang mendifraksikan intensitas sinar-X yang datang (Cullity, B.D, 1956).

Berdasarkan penjabaran tujuan penelitian di atas maka disusun metode penelitian sebagai berikut: Pembuatan material  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  dilakukan dengan menggunakan metode yang dikenal sebagai "*Mechanosynthesis powder*" (Hungria, T. et al, 2005). Material tersebut dibuat dari bubuk  $\text{BaCO}_3$  ( $\geq 98,5\%$ , Merk Sigma-Aldrich),  $\text{SrCO}_3$  (98%, Merk Aldrich) dan  $\text{TiO}_2$  (Merk Sigma Aldrich). Proses pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan reaksi pembentukan keramik sebagai berikut:



Bubuk (*powder*)  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  dihaluskan di dalam mortar selama kurang lebih 30 menit kemudian masing-masing bubuk dicampur menjadi satu dengan spatula di dalam mortar. Bubuk campuran yang telah siap kemudian *dimilling* dengan *planetary ball mill*

selama 4 jam dengan perbandingan berat sampel dan berat ball mill adalah 1:8. Fungsi dari *milling* adalah supaya diperoleh sampel yang lebih homogen. Campuran bubuk  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  yang sudah dimilling kemudian dikalsinasi pada  $1100^\circ\text{C}$  (Bomlai, P. et al, 2004) dengan menggunakan *Thermolyne 46100 High Temperatur Furnace* selama 4 jam dalam *alumina crucible* dengan menggunakan kecepatan pemanasan dan pendinginan  $40^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Untuk memperoleh pellet maka bubuk BST yang sudah dikalsinasi dicampur dengan menggunakan larutan PVA (Polivinil Alkohol) (Bomlai, P. et al, 2004) yang berperan sebagai *binder* (perekat) diantara bubuk-bubuk BST dimana untuk setiap pellet diperoleh dari campuran 0,5 gr BST dan 1 tetes larutan PVA. Larutan PVA diperoleh dari pencampuran 1 gr bubuk PVA dan 10 ml aquades (sebagai pelarut). Supaya bubuk PVA dapat terlarut secara sempurna dalam aquades maka campuran PVA dan aquades terlebih dahulu harus dipanaskan pada temperatur  $140^\circ\text{C}$  selama 4 jam dengan *Memmert 1534 Furnace*. Bahan campuran BST dan larutan PVA dibuat menjadi bentuk pellet dengan cara dipress. Pengepresan dilakukan dengan menggunakan mesin kompaksi/pengepres Shimadzu. Masing-masing sampel ditekan dengan tekanan  $4 \text{ ton}/\text{cm}^2$  dan tekanan ini ditahan selama 30 detik. Waktu penahanan ini berguna untuk menghilangkan tegangan-tegangan sisa (*residual stress*) yang berada di dalam pellet sehingga pellet tidak mudah retak atau pecah ketika dikeluarkan dari cetakan (dies diameter 10 mm). Pellet  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  yang dicetak memiliki massa 0,5 gram, dengan ukuran diameter 10 mm dan tebal 2 mm serta bentuknya menyerupai kepingan.

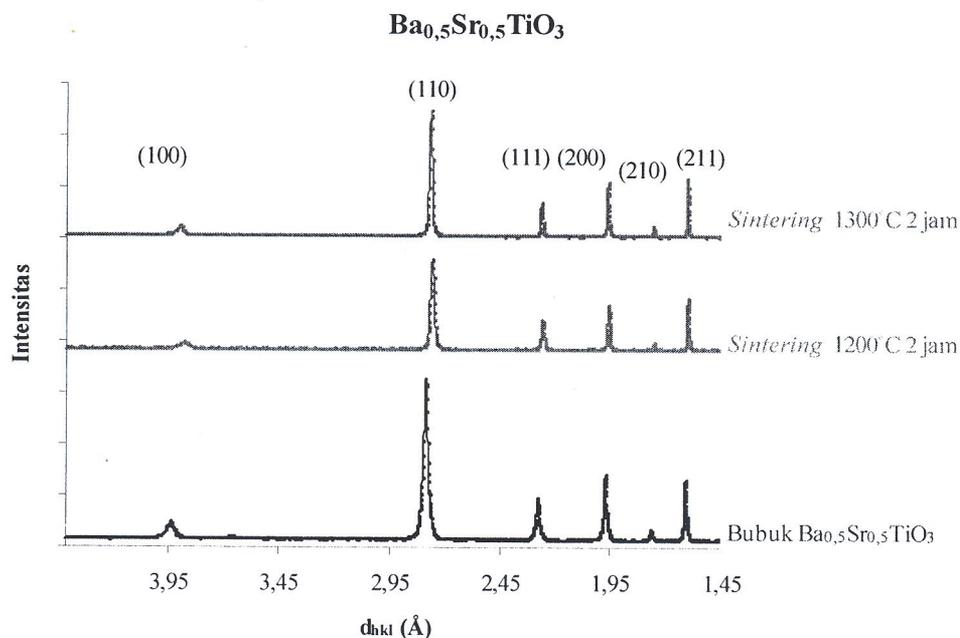
Setelah diperoleh sampel yang berbentuk kepingan, material diberi perlakuan panas (*sintering* (Bomlai, P. et al, 2004)) untuk menjadi keadaan bulk dengan variasi waktu pemanasan dan temperatur pemanasan. Peralatan yang digunakan untuk proses ini ialah *Thermolyne 46100 High Temperatur Furnace*. *Sintering* merupakan proses pemanasan yang bertujuan untuk memadatkan suatu bahan (Callister, WD, 1994), variasi temperatur dan waktu *sintering* adalah  $1200^\circ\text{C}$  selama 1, 2 dan 3 jam serta  $1300^\circ\text{C}$  selama 2 jam, dengan kecepatan pemanasan dan pendinginan  $40^\circ\text{C}/\text{menit}$ .

Difraksi sinar-X (XRD) digunakan untuk menentukan struktur kristal (Rommel, T, et al, 1999) dari sampel  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  bubuk maupun pellet yang diperoleh dari proses *sintering*. Karakterisasi diperoleh dengan menggunakan grafik hasil XRD. Data awal hasil XRD adalah dalam file RD yang kemudian diubah ke file UDF dengan program APD. Selanjutnya file UDF dikonversi ke x-y dengan menggunakan program BellaV2\_12. Selanjutnya data hasil konversi tersebut dapat dibuat grafik berupa grafik intensitas terhadap sudut hamburan ( $2\theta$ ) atau  $d_{hkl}$ . Pola-pola grafik intensitas yang dihasilkan oleh XRD selanjutnya di cocokkan dengan data ICDD (*International Centre for Diffraction Data*), guna melihat kemungkinan adanya fasa lain yang muncul selain fasa  $\text{BaSrTiO}_3$ . Berdasarkan hasil analisa grafik intensitas yang telah dicocokkan dengan ICDD akan diperoleh struktur kristal dari sampel.

## 2. PEMBAHASAN

Tabel 1. Data hasil XRD bubuk  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$

2-Theta	$d_{hkl} (\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3)$		(hkl)
	Perhitungan	ICDD	
22,57	3,9382	3,9494	100
32,09	2,7883	2,7918	110
39,57	2,2767	2,2796	111
46,01	1,9719	1,9737	200
51,75	1,7659	1,7649	210
57,12	1,6119	1,6113	211



Gambar 2. Perbandingan grafik XRD untuk Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> bubuk, *sintering* pada temperatur 1200°C dan 1300°C

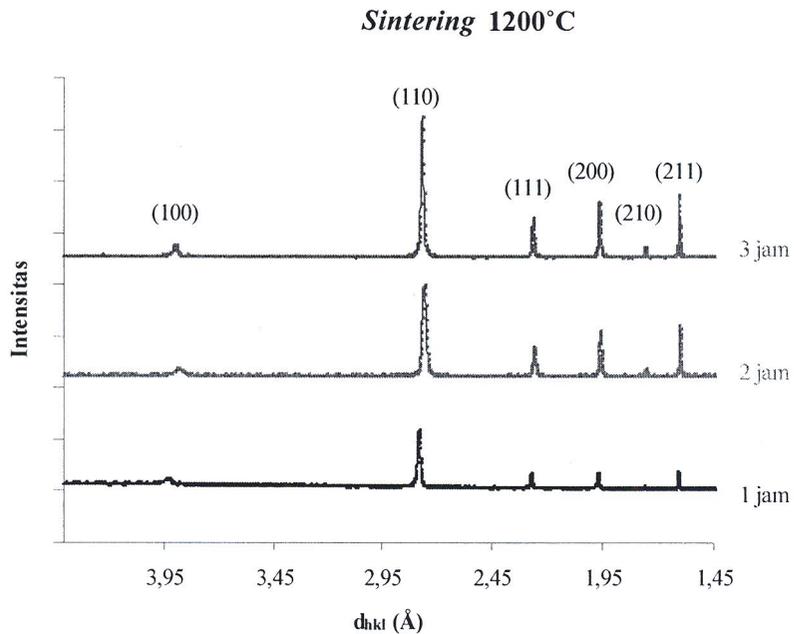
Data hasil XRD bubuk Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> ditunjukkan pada tabel 1. Tabel tersebut secara spesifik menunjukkan hasil perhitungan  $d_{hkl}$  untuk puncak-puncak yang diperoleh dan perbandingannya dengan  $d_{hkl}$  yang diidentifikasi dengan berdasarkan pada *data base* JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) - ICDD (*card number* 39-1395). Pada Gambar 2 diperlihatkan bidang-bidang yang muncul untuk bubuk Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> dan Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> dengan perlakuan *sintering* pada temperatur 1200°C dan 1300°C selama 2 jam yang diperoleh melalui identifikasi nilai  $d_{hkl}$ . Bidang-bidang tersebut setelah dicocokkan dengan data base JCPDS – ICDD dapat diperoleh struktur sebelum dan setelah *sintering* adalah kubus sederhana dengan nilai parameter kisi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai parameter kisi Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub>  
(bubuk, *sintering* 1200°C dan 1300°C selama 2 jam)

Bubuk Ba <sub>0,5</sub> Sr <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub>	Sintering 1200°C	Sintering 1300°C
3,97Å	3,98Å	3,97Å

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa intensitas pada grafik hasil XRD Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> dengan *sintering* pada 1300°C cenderung lebih tinggi dari pada *sintering* pada temperatur 1200°C, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *sintering* maka derajat kristalin bahan juga semakin tinggi. Proses *sintering* yang dilakukan mampu mengubah warna bahan yang semula sebagai bubuk putih berubah menjadi berwarna coklat keabuan. Semakin tinggi temperatur *sintering* menghasilkan warna yang lebih tua.

Kemiripan pola-pola kecenderungan puncak-puncak intensitas dapat diketahui dari Gambar 2 dan setelah dicocokkan dengan *data base* JCPDS - ICDD ternyata tidak ditemukan adanya kemunculan fasa baru setelah Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> *disintering* pada temperatur 1200°C dan 1300°C. Dengan berpedoman pada nilai parameter kisi yang tidak berubah (Tabel 2) dan adanya kemiripan pola-pola kecenderungan puncak-puncak intensitas pada Gambar 2 maka dapat dikatakan bahwa perlakuan *sintering* pada temperatur 1200°C dan 1300°C tidak mengubah fasa dan struktur dari bubuk (Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub>).



Gambar 3. Grafik hasil XRD  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  Untuk perlakuan *sintering* pada temperatur  $1200^\circ\text{C}$  selama 1, 2 dan 3 jam

Dari grafik XRD  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  dengan *sintering* pada temperatur  $1200^\circ\text{C}$  dengan variasi waktu *sintering* diperoleh bahwa semakin lama waktu *sintering* akan diperoleh intensitas yang semakin tinggi (nilai intensitas tertinggi adalah pada waktu *sintering* 3 jam), hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu *sintering* maka derajat kristalin bahan juga semakin tinggi. Struktur setelah perlakuan *sintering*  $1200^\circ\text{C}$  adalah kubus sederhana dengan nilai parameter kisi yang sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai parameter kisi (proses *sintering* pada  $1200^\circ\text{C}$ )

1200°C 1 jam	1200°C 2 jam	1200°C 3 jam
3,98Å	3,98Å	3,99Å

Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu *sintering* tidak mengubah nilai parameter kisi. Dengan demikian karena nilai parameter kisi yang sama maka strukturnya juga tidak berubah.

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Bubuk  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  hasil proses kalsinasi berwarna putih. *Sintering* mampu mengubah warna  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  dari putih menjadi coklat keabu-abuan. Semakin tinggi temperatur dan lama *sintering* akan dihasilkan warna yang semakin tua.
2. Keramik  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  yang telah dibuat mempunyai fasa tunggal dengan struktur kubus sederhana dengan bidang-bidang yang ditemukan adalah (100), (110), (111), (200), (210) dan (211).
3. Temperatur dan waktu *Sintering* tidak mengubah fasa dan struktur  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ .

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bomlai, P. et al, *Microstructures and positive temperature coefficient resistivity (PTCR) characteristics of high silicon addition barium-strontium titanate ceramics*, Journal of Material Science, Vol. 39, 2004, 1831 – 1835
2. Callister, WD, 1994, *Material Science and Engineering: An Introduction*, Third Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York
3. Cullity, B.D, 1956, *Elements of X-Ray Diffraction*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, Massachusetts
4. Hungria, T, et al, *Dense, Fine-Grained  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$  Ceramics Prepared by the Combination of Mechanothesized Nanopowders and Spark Plasma Sintering*, American Chemical Society, Vol. 17, No. 24, 2005, 6205 - 6212
5. Lopez, LL. et al,  *$Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  Thin Film Deposited by PLD on  $SiO_2/Si$   $RuO_2/Si$  and  $Pt/Si$  Electrodes*, Thin Solid Films, 2000, 49-52
6. Remmel, T, et al, *Characterization of Barium Strontium Titanate Films Using XRD*, Arizona, 1999
7. Sen, S. et al, *Impedance Spectroscopy of  $Ba_{1-x}Sr_xSn_{0.15}Ti_{0.85}O_3$  ceramics*, British Ceramics Transactions, Vol.103, No.6, 2004, 250 - 256
8. Tian, HY. et al, *Influences of annealing temperature on the optical and structural properties of (Ba, Sr)TiO<sub>3</sub> thin films derived from sol-gel technique*, Thin Solid Films, 2002, 200-205
9. Van Vlack, LH, 2001, *Elemen-elemen Ilmu bahan dan Rekayasa Material*, Edisi-6, Erlangga, Jakarta
10. Wang, HL, *Structure and Dielectric Properties of Perovskite-Barium Titanate ( $BaTiO_3$ )*, San Jose State University, 2002
11. Yunasfi, *Pembuatan Keramik Barium Titanat untuk Peralatan elektronik*, Elektro Indonesia, Nomor 35, Tahun VI, Februari 2001
12. Zhu, *Recent Progress of (Ba, Sr)TiO<sub>3</sub> Thin Films for Tunable Microwave Devices*, Vol. 32, No. 10, 2003, 1125-1134