



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

ANALISIS PENGARUH VARIASI DOPAN LANTANUM
TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI

LAPISAN TIPIS BARIUM STRONTIUM TITANAT



Disusun Oleh :

LIA SETYANINGSIH
M0208041

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

Juli, 2012

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

ANALISIS PENGARUH VARIASI DOPAN LANTANUM TERHADAP
STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI LAPISAN TIPIS BARIUM
STRONTIUM TITANAT

Yang ditulis oleh:

Nama : Lia Setyaningsih

NIM : M0208041

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Kamis

Tanggal : 19 Juli 2012

Anggota Tim Penguji:

1. Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.

NIP. 19690826 199903 1 001

2. Dr. Eng Risa Suryana, S.Si., M.Si.

NIP. 19710831 200003 1 005

3. Dr. Yofentina Iriani, S.Si., M.Si.

NIP. 19711227 199702 2 001

4. Anif Jamaluddin, S.Si., M.Si.

NIP. 19800613 201012 1 002

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta



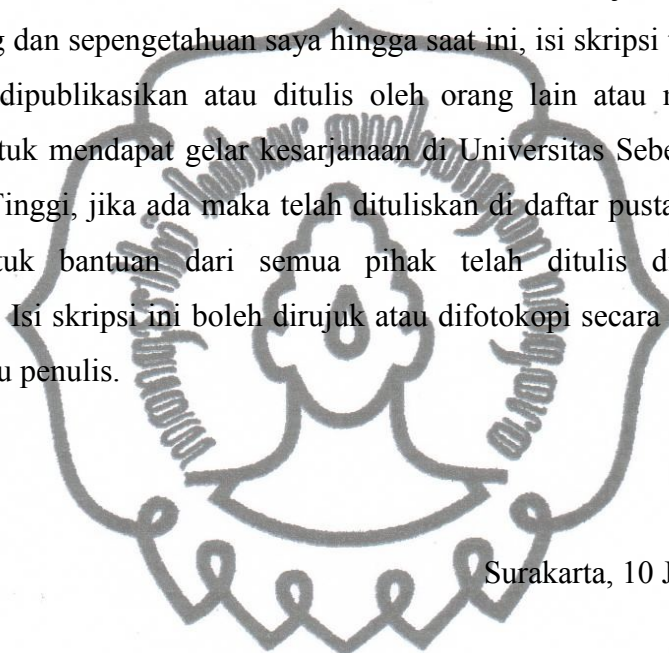
Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D

NIP. 19680508 199702 1 001



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “ANALISIS PENGARUH VARIASI DOPAN LANTANUM TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI LAPISAN TIPIS BARIUM STRONTIUM TITANAT” adalah hasil kerja saya atas arahan pembimbing dan sepengetahuan saya hingga saat ini, isi skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapat gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi, jika ada maka telah dituliskan di daftar pustaka skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi skripsi ini boleh dirujuk atau difotokopi secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.



Surakarta, 10 Juli 2012

Lia Setyaningsih



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

ANALISIS PENGARUH VARIASI DOPAN LANTANUM
TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI
LAPISAN TIPIS BARIUM STRONTIUM TITANAT

LIA SETYANINGSIH

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Chemical Solution Deposition (CSD) atau metode *sol gel* merupakan salah satu teknik penumbuhan lapisan tipis. Lapisan tipis Barium Strontium Titanat (BST) dan BST doping Lantanum (BSLT) telah berhasil ditumbuhkan menggunakan metode *sol gel* di atas substrat Pt/Si yang disiapkan dengan *spin coater*. Lapisan tipis BST dan BSLT dibuat menggunakan parameter penumbuhan seperti banyaknya jumlah lapisan 3 lapis, molaritas 0,5 M, suhu *annealing* 800°C dengan laju pemanasan (*heating rate*) 5°C/menit dan waktu tahan (*holding time*) 3 jam. Variasi perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5%. Lapisan tipis BST dan BSLT dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX).

Sudut difraksi (2θ) pada kurva XRD bergeser ke kiri (semakin kecil) seiring dengan bertambahnya komposisi mol Ba dan variasi % mol dopan La. Parameter kisi BST dan BSLT menggunakan penghalusan program GSAS menunjukkan bahwa lapisan tipis BST dan BSLT mempunyai struktur tetragonal. Dari analisa SEM-EDX, seiring dengan bertambahnya variasi komposisi mol Ba dan variasi % mol dopan La tidak mempengaruhi ketebalan dan komposisi unsur-unsur penyusunnya, tetapi mempengaruhi ukuran butir lapisan tipis. Semakin besar parameter tersebut menyebabkan ukuran butirnya menjadi kecil. Hasil karakterisasi XRD dan SEM-EDX menampilkan bahwa lapisan tipis BST dan BSLT telah terdeposisi di atas substrat Pt/Si.

Kata Kunci : BST, BSLT, *sol gel*, *spin coating*, parameter kisi, XRD, SEM



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

ANALYSIS INFLUENCE VARIATION DOPANT LANTHANUM OF
CRYSTAL STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF
THIN FILM BARIUM STRONTIUM TITANAT

LIA SETYANINGSIH

Department of Physics, Faculty of Mathematic and Natural Science
Sebelas Maret University

ABSTRACT

Chemical Solution Deposition (CSD) or sol gel method was one of techniques to grow the thin layer. Barium Strontium Titanate (BST) and Lanthanum doped BST (BSLT) thin layers have successfully been grown using sol gel method on the Pt / Si substrate which is prepared by spin coater. BST and BSLT thin layers are performed with the growth parameters such as the amount of layer was 3 layers; the molarity was 0.5 M; the annealing temperature was 800°C with heating rate of 5°C/min and holding time of 3 h. The mole ratio of Barium (Ba) and Strontium (Sr) was varied at 0.7:0.3; 0.8:0.2 and 0.9:0.1. Furthermore, the % mole of Lanthanum (La) dopant was varied at 1%, 3% and 5%. The BST and BSLT thin layers were characterized using X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) - Energy Dispersive X-Ray (EDX).

The diffraction angle (2θ) of the XRD curves shifted to left (smaller angle) to increasing both the mole ratio of Ba and the % mole of La dopant. The lattice parameters of BST and BSLT structures using the refinement of the GSAS program showed that both BST and BSLT has tetragonal stucture. From SEM-EDX analysis, increasing both variation of the mole ratio of Ba and the % mole of La dopant showed that both the thickness of thin layers and the element composition in the thin layers were significantly not change. Meanwhile, increasing those parameters affected the grain size become smaller. The result of XRD and SEM-EDX characterization are evidence that the BST and BSLT thin layers have been deposited on the Pt / Si substrate.

Keywords: BST, BSLT, sol gel, spin coating, lattice parameter, XRD, SEM

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Bismillahirrohmaanirrokhiiim

“Qod aflakha man zakkaaha” (*Sungguh beruntung orang yang mensucikan diri*)

“Wa qod khooba man dassaaha” (*Dan sungguh merugi orang yang mengotorinya*)

(Q.S. Asy Syams : 9-10)

“Yaa ayyatuhannafsul muthmainnah” (*Hai jiwa yang tenang*)

“Arji’ii ilaa robbiki roodziyatam mardziyyah”

(*Kembalilah kepada Tuhanmu dengan rasa puas lagi di RidhoiNya*)

(Q.S. Al Fajr : 27-28)

Be the Best to Give Something to the Best

Keep Spirit. Keep ISTIQOMAH.

“Sebaik-baik manusia adalah orang yang paling bermanfaat bagi manusia”

(HR. Thabrani dan Daruquthni)

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT

Karya yang penuh perjuangan dan kesabaran ini saya persembahkan untuk;

Bapak, Ibu & Adik Tercinta

Imamku

Keempat Orangtua Asuh & Adik-Adikku di Sroyo & di Sragen

Dosen Pembimbingku

Teman-teman Galaksi 2008 & Keluarga Besar Fisika UNS

Pembaca yang Selalu Semangat

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Alhamdulillah robil 'aalamiin, puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rosululloh Muhammad SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia.

Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) ini penulis beri judul “ANALISIS PENGARUH VARIASI DOPAN LANTANUM TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN MORFOLOGI LAPISAN TIPIS BARIUM STRONTIUM TITANAT”. terselesaikannya skripsi ini adalah suatu kebahagiaan bagi saya setelah sekitar satu semester penulis harus berjuang untuk bisa menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya skripsi ini terselesaikan juga. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini, penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Yofentina Iriani, S.Si., M.Si (Pembimbing I)
2. Bapak Anif Jamaluddin, S.Si., M.Si, (Pembimbing II)
3. Rekan dalam satu group kerja lab: Erma, mbak Novi, mbak Nika, Nuril, Qudratun, Retno, mas Jono, mas Hakim, mbak Dwi dan mbak Soka
4. Pak Fahru dan Pak Risa (atas segala bantuannya dalam menangani masalah-masalah alat eksperimen)

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Aamiin.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| HALAMAN ABSTRAK..... | iv |
| HALAMAN ABSTRACT | v |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DARTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR SIMBOL..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah | 4 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II DASAR TEORI..... | 6 |
| 2.1. Material Ferroelektrik | 6 |
| 2.2. Struktur <i>Perovskite</i> | 8 |
| 2.3. Barium Strontium Titanat (BST) | 10 |
| 2.4. Ion Pendoping | 10 |
| 2.5. Metode <i>Chemical Solution Deposition</i> (CSD)..... | 12 |
| 2.6. Karakterisasi..... | 15 |
| 2.6.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 15 |
| 2.6.2. <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM) | 17 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | |
|--|----|
| 2.1. General Structure Analysis System (GSAS) | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian | 20 |
| 3.2. Alat dan Bahan yang digunakan | 20 |
| 3.2.1. Bahan yang digunakan | 20 |
| 3.2.2. Alat yang digunakan | 20 |
| 3.3. Metode Penelitian | 21 |
| 3.3.1. Persiapan Substrat | 23 |
| 3.3.2. Pembuatan Larutan | 24 |
| 3.3.3. Proses <i>Spin Coating</i> | 25 |
| 3.3.4. Proses <i>Hidrolisis</i> | 26 |
| 3.3.5. Proses <i>Annealing</i> | 27 |
| 3.3.6. Karakterisasi | 27 |
| 3.3.6.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 28 |
| 3.3.6.2. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) | 29 |
| 3.4. Teknik Analisa Data | 29 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 31 |
| 4.1. Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 32 |
| 4.1.1. Variasi Komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) | 32 |
| 4.1.2. $Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 37 |
| 4.1.3. $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 41 |
| 4.1.4. $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 44 |
| 4.2. Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) | 48 |
| 4.2.1. Morfologi dan Ukuran Butir Lapisan Tipis | 48 |
| 4.2.1.1. $Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 48 |
| 4.2.1.2. $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 51 |
| 4.2.1.3. $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 53 |
| 4.2.2. Ketebalan Lapisan Tipis | 55 |
| 4.2.2.1. $Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 55 |
| 4.2.2.2. $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ Didoping Lantanum (La) | 57 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7

Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

4.2.2.5. $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) 58

4.3. Karakterisasi Komposisi menggunakan *Energy Dispersive*

| | |
|--|----|
| <i>X-Ray</i> (EDX) | 60 |
| 4.3.1. $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 60 |
| 4.3.2. $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 61 |
| 4.3.3. $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 62 |
| BAB V PENUTUP | 63 |
| 5.1. Kesimpulan | 63 |
| 5.2. Saran | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA | 64 |
| LAMPIRAN | 67 |





This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1. Jari-Jari Ion Pendoping <i>Soft Doping</i> | 11 |
| Tabel 2.2. Jari-Jari Ion Pendoping <i>Hard Doping</i> | 11 |
| Tabel 4.1. Sudut Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr | 33 |
| Tabel 4.2. Parameter Kisi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr Hasil Penghalusan Program GSAS..... | 37 |
| Tabel 4.3. Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)..... | 38 |
| Tabel 4.4. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS..... | 41 |
| Tabel 4.5. Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)..... | 42 |
| Tabel 4.6. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS..... | 44 |
| Tabel 4.7. Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)..... | 45 |
| Tabel 4.8. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS..... | 47 |
| Tabel 4.9. Ukuran Butir Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 50 |
| Tabel 4.10. Ukuran Butir Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 53 |

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 4.11. | Ukuran Butir Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 55 |
| Tabel 4.12. | Ketebalan Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 56 |
| Tabel 4.13. | Ketebalan Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 58 |
| Tabel 4.14. | Ketebalan Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 59 |
| Tabel 4.15. | Hasil EDX (At %) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 60 |
| Tabel 4.16. | Hasil EDX (At %) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 61 |
| Tabel 4.17. | Hasil EDX (At %) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La..... | 62 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1. Kurva Histerisis Material Ferroelektrik..... | 7 |
| Gambar 2.2. Struktur <i>Perovskite</i> BaTiO ₃ | 8 |
| Gambar 2.3. Perubahan Struktur Kristal dari Barium Titanat (BaTiO ₃) | 9 |
| Gambar 2.4. Penetesan Larutan di atas Substrat | 13 |
| Gambar 2.5. Percepatan pada <i>Spin Coating</i> | 14 |
| Gambar 2.6. Perataan pada <i>Spin Coating</i> | 14 |
| Gambar 2.7. Pengeringan Lapisan | 15 |
| Gambar 2.8. Difraksi Sinar-X pada Kristal | 16 |
| Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian | 22 |
| Gambar 3.2. Substrat Pt/Si (111)..... | 23 |
| Gambar 3.3. Pencucian Substrat..... | 23 |
| Gambar 3.4. Pengeringan Substrat..... | 23 |
| Gambar 3.5. Bahan Pelarut dan Bahan Terlarut..... | 24 |
| Gambar 3.6. Proses Pengadukan | 25 |
| Gambar 3.7. Proses Pemanasan..... | 25 |
| Gambar 3.8. Larutan BSLT | 25 |
| Gambar 3.9. Sketsa Substrat Pt/Si dengan <i>Double Tip</i> | 26 |
| Gambar 3.10. Penetesan larutan di atas substrat | 26 |
| Gambar 3.11. Proses <i>Spin Coating</i> | 26 |
| Gambar 3.12. Proses <i>Hidrolisis</i> | 26 |
| Gambar 3.13. Seperangkat Alat <i>Furnace</i> Merk NEYTECH Qex | 27 |
| Gambar 3.14. Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) merk Bruker model D8 ADVANCE | 28 |
| Gambar 3.15. Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) merk JEOL seri JSM6360LA..... | 29 |

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 4.1. | Pola Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr | 32 |
| Gambar 4.2. | Grafik <i>Liveplot</i> Hasil Output Penghalusan Pola Difraksi | 35 |
| Gambar 4.3. | Penghalusan Pola Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr Menggunakan Program GSAS | 36 |
| Gambar 4.4. | Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 37 |
| Gambar 4.5. | Penghalusan Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping La Menggunakan Program GSAS | 40 |
| Gambar 4.6. | Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 41 |
| Gambar 4.7. | Penghalusan Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping La Menggunakan Program GSAS | 43 |
| Gambar 4.8. | Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La) | 45 |
| Gambar 4.9. | Penghalusan Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping La Menggunakan Program GSAS | 46 |
| Gambar 4.10. | Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping La ... | 49 |
| Gambar 4.11. | Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping La ... | 51 |
| Gambar 4.12. | Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping La ... | 54 |
| Gambar 4.13. | Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping La | 56 |
| Gambar 4.14. | Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping La | 57 |
| Gambar 4.15. | Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping La | 59 |



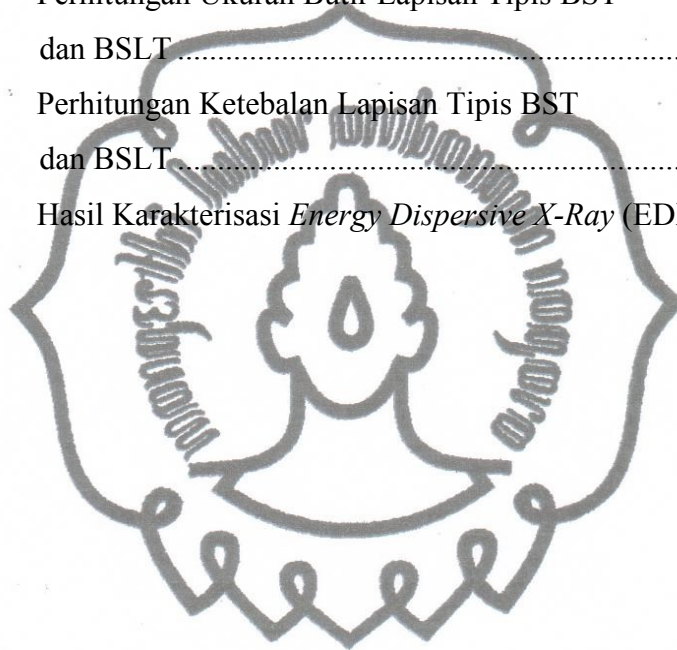
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| Simbol | Keterangan | Satuan |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------|
| $^{\circ}\text{C}$ | Suhu | Derajat <i>celcius</i> |
| M | Molaritas | M |
| n | Bilangan bulat (1,2,3,... dst) | |
| d | Jarak antar bidang atom dalam kristal | Meter |
| λ | Panjang gelombang sinar-X | Meter |
| θ | Sudut difraksi | Derajat |
| P | Polarisasi | C/cm^2 |
| P_s | Polarisasi spontan | C/cm^2 |
| P_r | Polarisasi remanen | C/cm^2 |
| P_{sat} | Polarisasi saturasi | C/cm^2 |
| E_c | Medan koersif | V/meter |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1 ICDD BST, Pt dan Si | 68 |
| Lampiran 2 <i>Listview</i> Hasil Penghalusan Program GSAS | 70 |
| Lampiran 3 Perhitungan Ukuran Butir Lapisan Tipis BST dan BSLT | 76 |
| Lampiran 4 Perhitungan Ketebalan Lapisan Tipis BST dan BSLT | 100 |
| Lampiran 5 Hasil Karakterisasi <i>Energy Dispersive X-Ray</i> (EDX) | 108 |





This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejak tahun 1989, penelitian tentang material ferroelektrik telah menarik perhatian peneliti karena sangat menjanjikan divais generasi baru yang didasarkan pada sifat histerisis dan tetapan dielektrik yang tinggi. Perkembangan lapisan tipis ferroelektrik yang mempunyai ketebalan dalam orde angstrom (\AA) hingga mikrometer (μm) dapat diaplikasikan di bidang elektronika. Ferroelektrik merupakan material elektronik khususnya material dielektrik yang terpolarisasi spontan dan memiliki kemampuan untuk mengubah arah listrik internalnya. Polarisasi yang terjadi merupakan hasil dari penerapan medan yang mengakibatkan adanya ketidaksimetrisan struktur kristal pada suatu material ferroelektrik (Azizahwati, 2002).

Penerapan material ferroelektrik berdasarkan sifat histerisis dan tetapan dielektrik yang tinggi dapat diterapkan pada sel memori *Dynamic Random Access Memory* (DRAM). Aplikasi-aplikasi film tipis ferroelektrik menggunakan sifat dielektrik, piroelektrik, dan elektrooptik yang khas dari bahan ferroelektrik. Sebagian dari aplikasi elektronik yang paling utama dari film tipis ferroelektrik diantaranya yaitu *non-volatile* memori yang menggunakan kemampuan polarisasi (*polarizability*) yang tinggi, kapasitor film tipis yang menggunakan sifat dielektrik, dan sensor piroelektrik yang menggunakan perubahan konstanta dielektrik karena suhu dan aktuator piezoelektrik yang menggunakan efek piezoelektrik yang tersusun *perovskite* banyak mendapat perhatian karena memiliki kemungkinan untuk menggantikan memori berbasis material SiO_2 yang sekarang digunakan sebagai *Ferroelectric Random Access Memory* (FRAM) (Seo, et.al., 2004). Penggunaan lapisan tipis ferroelektrik mempunyai keuntungan menyimpan memori lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem magnetik. Sistem magnetik hanya mampu menyimpan 10^5 bit/cm² (12.500 byte/cm²), sedangkan memori yang terbuat dari ferroelektrik

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

mampu menyimpan hingga 10^6 bit/ciri (12,5 juta byte/ciri). Keuntungan lain adalah sebagai memori permanen yang mampu menekan kehilangan informasi selama proses berulang (Azizahwati, 2002).

Beberapa jenis material ferroelektrik yang sering dipergunakan antara lain Barium Titanat (BT), Lead Zirkonium Titanat (PZT), Barium Zirkonium Titanat (BZT) dan Barium Strontium Titanat (BST). Pada lapisan tipis BST dapat diaplikasikan sebagai FRAM karena memiliki konstanta dielektrik yang tinggi dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi (*high charge storage capacity*) (Seo, et.al., 2004).

Barium Titanat (BaTiO_3) adalah salah satu material ferroelektrik yang mempunyai struktur *perovskite* ABO_3 yang banyak digunakan untuk penyimpanan muatan karena mempunyai tetapan dielektrik yang tinggi (Gao, et.al., 2007). Barium Titanat mempunyai struktur kristal yang sangat sederhana dibandingkan bahan ferromagnetik lainnya karena sifat kimia dan mekaniknya sangat stabil (Yunasfi, 2002).

Lapisan tipis BST merupakan hasil campuran dari reaksi Barium Titanat (BaTiO_3) dan Stronsium Titanat (SrTiO_3). Menurut *International Center for Diffraction Data* (ICDD), BST memiliki sistem kristal kubik dengan konstanta kisi $a = 3,947 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi Strontium (Sr) 50% dan $a = 3,965 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi Sr 40 %. Dari penelitian Giridharan, pada lapisan tipis BST didapatkan nilai konstanta kisi $a = 3,97 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi Sr 30 % (Giridharan, et.al., 2001). Suhu *Curie* (T_c) Barium Titanat (BaTiO_3) murni adalah 130°C . Penambahan Sr akan menurunkan T_c BaTiO_3 menjadi suhu kamar (25°C) yang akan berguna untuk spesifikasi alat tertentu (Aparna, et.al., 2001).

Penambahan bahan pendoping dapat menyebabkan perubahan parameter kisi, konstanta dielektrik, sifat elektrokimia, sifat elektrooptik dan sifat piroelektrik dari lapisan tipis (Supriyatman, 2004). Penambahan Lantanum (La) dan Strontium (Sr) ke dalam struktur Barium Titanat (BaTiO_3) dapat menyebabkan perubahan parameter kisi pada lapisan tipis BST.

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Barium Strontium Titanat (BST) dengan variasi komposisi nioi Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 mempunyai struktur tetragonal yang dapat diaplikasikan sebagai material ferroelektrik (Adem, 2003). BST dapat didoping Lantanum (BSLT) karena jari-jari ion doping La^{3+} hampir sama dengan jari-jari ion Sr^{2+} yaitu masing-masing sebesar 1,15 Å dan 1,13 Å. Lantanum merupakan ion donor (*donor doping*) karena muatan ion Lantanum lebih banyak daripada muatan ion Strontium. Penambahan variasi % mol dopan Lantanum (La^{3+}) akan menempati posisi A pada struktur *perovskite* yang menyebabkan perubahan parameter kisi lapisan tipis BST.

Pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT dilatarbelakangi dengan penelitian PZT sudah banyak ditinggalkan peneliti karena mengandung timah hitam atau Pb (Plumbum). Mekanisme masuknya timah hitam atau Pb melalui sistem pernapasan ataupun langsung melalui permukaan kulit dan keberadaan timbal di dalam PZT mengakibatkan material ini kurang ramah lingkungan (Sunendar, dkk., 2009).

Beberapa metode yang dipakai dalam penumbuhan lapisan tipis antara lain *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD) (Gao, et.al., 2000), *Pulsed Laser Deposition* (PLD) (Zhu, et.al., 2006), *Radio-Frequency Magnetron Sputtering* (Tsai, et.al., 1997) serta *Chemical Solution Deposition* (CSD) atau metode *sol gel* yang disiapkan dengan *spin coating* (Auciello, 1998). Pemakaian metode-metode tersebut mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk menghasilkan lapisan tipis yang mempunyai kualitas yang baik dengan biaya produksi rendah. Metode CSD atau *sol gel* merupakan cara pembuatan lapisan tipis dengan pendeposisian larutan bahan kimia di atas substrat, kemudian dipreparasi dengan *spin coating* pada kecepatan putar tertentu (Schwartz, 1997). Keunggulan dari metode CSD terhadap metode yang lain adalah dapat mengontrol stokiometri lapisan dengan kualitas baik, prosedur yang mudah, membutuhkan biaya yang relatif murah dan terjadi pada temperatur rendah (Hikam, dkk., 2008). Metode CSD mempunyai 3 tahapan yaitu proses pembuatan larutan, proses pendeposisian larutan pada substrat dengan *spin coater* dan proses *annealing*.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan tipis BST ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$) dan BSLT ($\text{Ba}_{1-x-0,5y}\text{Sr}_{x-0,5y}\text{La}_y\text{TiO}_3$) menggunakan metode *sol gel* di atas substrat Platina/Silikon (Pt/Si). Pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT menggunakan variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5% dengan jumlah lapisan yaitu 3 lapis.

Karakterisasi lapisan tipis BST dan BSLT pada penelitian ini meliputi karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX). Karakterisasi XRD untuk menentukan struktur kristal dan SEM EDX untuk mengetahui komposisi, morfologi, ukuran butir dan ketebalan dari lapisan tipis BST dan BSLT.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah yaitu bagaimana pengaruh variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) terhadap struktur kristal, ukuran butir dan ketebalan dari lapisan tipis BST dan BSLT.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, metode penumbuhan lapisan tipis BST dan BSLT yang digunakan adalah *sol gel* yang disiapkan dengan *spin coating* di atas substrat Pt/Si. Parameter-parameter dalam penelitian ini meliputi molaritas, kecepatan putar, jumlah lapis dan waktu tahan (*holding time*) yang sama, yaitu: jumlah lapisan 3 lapis, molaritas 0,5 M, kecepatan putar 4000 rpm, *heating rate* 5°C/menit, waktu tahan (*holding time*) 3 jam dengan suhu *annealing* 800°C, variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5%.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) terhadap struktur kristal, ukuran butir dan ketebalan dari lapisan tipis BST dan BSLT.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan informasi tentang pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT dengan metode *sol gel*.
2. Memberikan pengetahuan tentang sifat-sifat yang terbentuk seperti struktur kristal, ukuran butir dan ketebalan dari lapisan tipis BST dan BSLT.
3. Sebagai referensi untuk kepentingan penelitian selanjutnya.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Ferroelektrik

Ferroelektrik adalah gejala terjadinya polarisasi listrik spontan tanpa bahan tersebut menerima medan listrik dari luar bahan. Ferroelektrik merupakan kelompok material dielektrik dengan polarisasi listrik internal yang lebar P (C/m^2) yang dapat diubah menggunakan medan listrik yang sesuai. Material ferroelektrik dicirikan oleh kemampuan untuk membentuk kurva histeresis yaitu kurva yang menghubungkan antara medan listrik dan polarisasi. Polarisasi terjadi di dalam dielektrik sebagai akibat adanya medan listrik dari luar dan simetri pada struktur kristalografi di dalam sel satuan. Jika pada material ferroelektrik dikenakan medan listrik, maka atom-atom tertentu mengalami pergeseran dan menimbulkan momen dipol listrik. Momen dipol ini yang menyebabkan polarisasi. Momen dipol P_e dari molekul (atom atau sel satuan) yang terpolarisasi adalah hasil kali muatan Q dan jarak d_e antara pusat muatan positif dan negatif (Van, 1989).

$$P_e = Q d_e \quad (2.1)$$

Dengan P_e adalah momen dipol listrik (coulomb meter), Q adalah muatan (coulomb), d_e adalah jarak antar muatan (meter).

Nilai Polarisasi listrik spontan (P_s) dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$P_s = (\Sigma Q d_e) / (V) \quad (2.2)$$

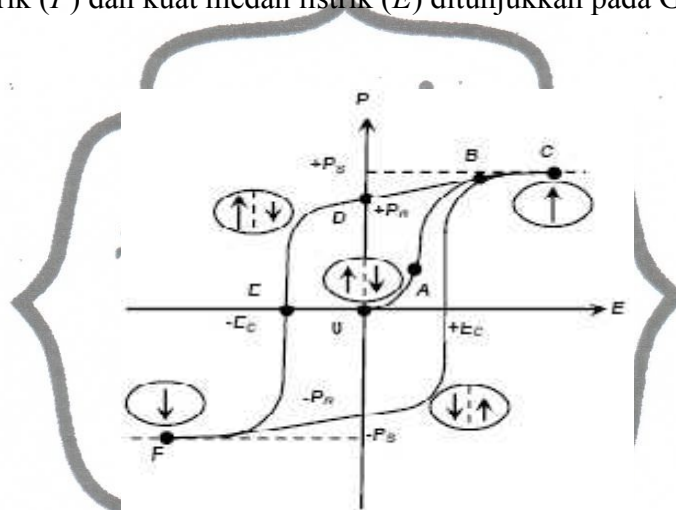
Dengan $(\Sigma Q d_e)$ adalah jumlah momen dipol dan V adalah volume unit sel.

Bahan ferroelektrik adalah bahan yang mempertahankan polarisasinya ketika medan listriknya dihilangkan sehingga ada penyelarasan sisa dipol permanen. Tetapi tidak semua bahan yang memiliki dipol permanen menunjukkan perilaku ferroelektrik karena dipol menjadi acak dan diselaraskan dengan medan, apabila dihapus dihilangkan tidak ada polarisasi yang tetap bersih (Smallman dan Bishop, 1999).



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Suatu *Ferroelectric Random Access Memory (FRAM)* jika memiliki nilai polarisasi sekitar $10\mu\text{C}\cdot\text{cm}^{-2}$ maka ia mampu menghasilkan muatan sebanyak 10^{14} elektron per cm^{-2} untuk proses pembacaan memori (Lines dan Glass, 1997). Material ferroelektrik dicirikan mempunyai kemampuan untuk membentuk kurva histerisis yaitu kurva yang menghubungkan antara medan listrik dan polarisasi. Kurva hubungan antara polarisasi listrik (P) dan kuat medan listrik (E) ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kurva Histerisis Material Ferroelektrik
(How, 2007)

Ketika kuat medan listrik ditambah (OA) maka polarisasinya akan meningkat terus sampai material mencapai kondisi jenuh (saturasi) (BC). Ketika medan listrik diturunkan kembali ternyata polarisasinya tidak kembali ke titik O, tetapi mempunyai pola (CD) dan mempunyai nilai. Ketika medan listrik tereduksi sampai nol, material akan memiliki polarisasi remanen (P_R) seperti pola (OD). Nilai remanen merupakan nilai rapat fluks magnetik yang tersisa di dalam material setelah medan diturunkan menjadi nol dan merupakan ukuran kecenderungan pola sifat magnet untuk tetap menyimpang, walaupun medan penyimpang telah dihilangkan. Nilai polarisasi dari material dapat dihilangkan dengan menggunakan sejumlah medan listrik pada arah yang berlawanan (negatif). Harga dari medan listrik untuk mereduksi nilai polarisasi menjadi nol disebut medan koersif (E_c) pola OE. Jika medan listrik kemudian

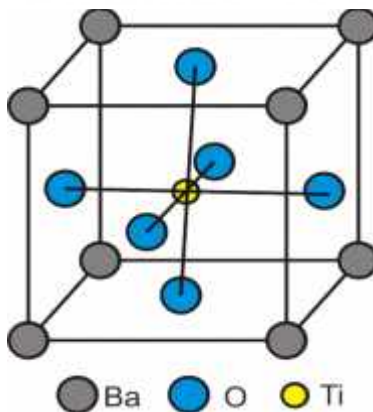


This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

dinaikkan kembali, material akan kembali mengalami saturasi, hanya saja dengan negatif (EF). Putaran kurva akan lengkap jika, medan listrik dinaikkan lagi dan pada akhirnya akan didapatkan kurva hubungan polarisasi (P) dengan medan listrik (E).

2.2. Struktur *Perovskite*

Struktur *perovskite* memiliki rumus umum ABO_3 , atom A berada di sudut-sudut kubus, atom B terletak di diagonal ruang kubus dan ion oksigen O menempati tengah-tengah pada muka kubus (Schwartz, 1997). Istilah *perovskite* memiliki dua pengertian, pertama *perovskite* merupakan mineral partikular dengan rumus kimia $CaTiO_3$ (disebut juga *Calcium Titanium Oxide*). Mineral ini ditemukan di pegunungan Ural Rusia oleh Gustav Rose pada tahun 1839 dan kemudian dinamakan oleh mineralogist Rusia, L.A Perovski (1792-1856). Kedua, umumnya mineral-mineral dengan struktur kristal yang sama sebagai $CaTiO_3$ disebut juga struktur *perovskite*. Kelebihan yang dimiliki oleh oksida *perovskite* adalah sebagian dari ion-ion oksigen penyusun strukturnya dapat dilepaskan (mengalami reduksi) tanpa dirinya mengalami perubahan struktur yang berarti. Kekosongan ion oksigen ini selanjutnya dapat diisi kembali oleh ion oksigen lain melalui reaksi reoksidasi.



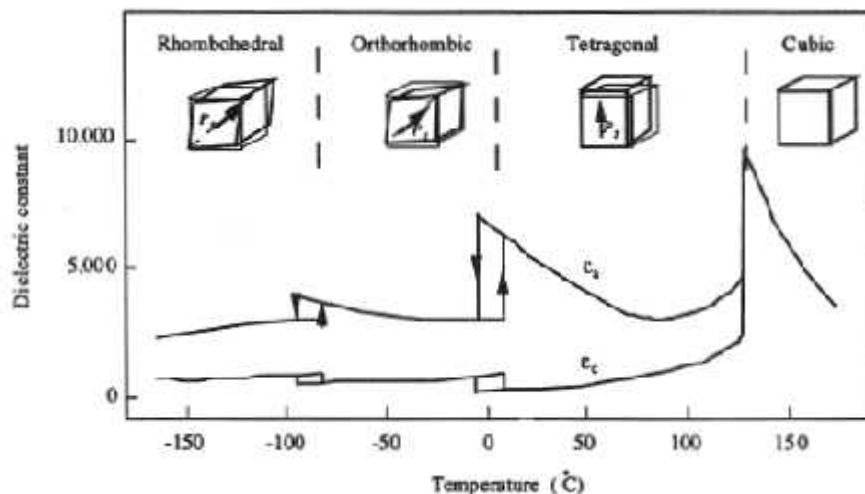
Gambar 2.2. Struktur *Perovskite* $BaTiO_3$
(Jona and Shirane, 1993)



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Struktur *perovskite* BaTiO_3 memiliki ion Oksigen (O^{2-}) yang terletak pada diagonal bidang dari unit sel, ion Titanium (Ti^{4+}) yang terletak pada diagonal ruang dari unit sel dan ion Barium (Ba^{2+}) terletak pada ujung tiap rusuk dari unit sel yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Beberapa material seperti PZT (Lead Zirkonium Titanat), BST (Barium Strontium Titanat) dan BZT (Barium Zirkonium Titanat) termasuk kedalam kelompok Barium Titanat dan memiliki struktur yang sama yaitu struktur *perovskite* dari BaTiO_3 .

Barium titanat (BaTiO_3) memiliki struktur yang berbeda-beda ketika suhunya berbeda. Perubahan struktur kristal barium titanat pada Gambar 2.3 dengan suhu di atas 120°C memiliki struktur kristal kubik tanpa memiliki polarisasi spontan. Suhu dari 120°C sampai dengan 5°C memiliki struktur kristal tetragonal dan memiliki polarisasi spontan. Dari suhu 5°C sampai dengan -90°C memiliki struktur kristal orthorhombik dan memiliki polarisasi spontan, dan di bawah -90°C memiliki struktur kristal rhombohedral dan memiliki polarisasi spontan (Kenji, 2000). Struktur kristal hexagonal dan struktur kristal kubik dari barium titanat mempunyai sifat paraelektrik, sedangkan pada struktur kristal tetragonal, orthorhombik dan rhombohedral dari barium titanat mempunyai sifat sebagai material ferroelektrik.



Gambar 2.3. Perubahan Struktur Kristal dari Barium Titanat (BaTiO_3) (Kenji, 2000)

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

2.3. Barium Strontium Titanat (BST)

Barium Strontium Titanat (BST) merupakan bahan yang memiliki konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi (*high charge storage capacity*) melampaui 1 Gbit (Seo, et.al., 2004). Struktur *perovskite* BaSrTiO_3 memiliki ion Barium (Ba^{2+}) dan Strontium (Sr^{2+}) yang terletak pada ujung tiap rusuk dari unit sel, ion Oksigen (O^{2-}) yang terletak pada diagonal bidang dari unit sel dan ion Titanium (Ti^{4+}) yang terletak pada diagonal ruang dari unit sel.

Menurut ICDD (*International Center for Diffraction Data*), BST memiliki sistem kristal kubik dengan konstanta kisi $a = 3,947 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi Strontium 50%, $a = 3,965 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi Strontium 40% dan $a = 3,97 \text{ \AA}$ untuk konsentrasi 30% Strontium (Giridharan, et.al., 2001). Suhu *Curie* Barium Titanat murni adalah 130°C dan dengan penambahan Strontium akan menurunkan suhu *Curie* menjadi suhu kamar yang berguna untuk spesifikasi alat tertentu (Aparna, et.al., 2001). Selain itu, BST juga memiliki konstanta dielektrik yang tinggi ($\epsilon_r \gg \epsilon_{\text{SiO}_2}$) sehingga dapat diaplikasikan untuk kapasitor. Beberapa penelitian juga berpendapat kalau BST memiliki potensi untuk mengganti film tipis SiO_2 pada sirkuit MOS di masa depan. BST juga berpotensi untuk diaplikasikan untuk DRAM dan NVRAM karena kebocoran arus yang rendah (*low leakage current*) dan ketahanan yang kuat (Giridharan, et al., 2001).

2.4. Ion Pendoping

Penambahan sedikit jumlah pendoping dapat menyebabkan perubahan parameter kisi, konstanta dielektrik, sifat elektrokimia, dan sifat elektrooptik dari keramik maupun film tipis. Pemberian doping berarti proses penambahan atom baru pada kristal yang sudah tersusun oleh atom-atom penyusun struktur kristal sebelumnya. Pemberian doping bertujuan untuk menghasilkan material baru yang memiliki sifat unggul (Supriyatman, 2004). Ion pendoping merupakan ion material dibedakan menjadi dua jenis yaitu *soft* dopan dan *hard* dopan. *Soft* dopan disebut juga dengan istilah donor dopan, karena menyumbang valensi yang berlebih pada struktur

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

kristal BST. Sedangkan *hard dopan* disebut juga dengan istilah *acceptor dopan* karena menerima valensi yang berlebih di dalam struktur kristal BST (Uchino, 2000).

Sifat yang dihasilkan dari film tipis menjadi *soften* artinya koefisien elastis menjadi lebih tinggi, sifat medan *koersif* yang lebih rendah, faktor kualitas mekanik rendah dan kualitas listrik rendah. Sedangkan ion *hard dopan* dapat menghasilkan material ferroelektrik menjadi lebih *hardness*, seperti *loss dielectric*, *bulk* resistivitas lebih rendah, faktor kualitas mekanik lebih tinggi, dan faktor kualitas listrik menjadi lebih tinggi (Sunandar, 2006). Ion pendoping yang dapat digunakan sebagai *soft doping* dan *hard doping* ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Jari-Jari Ion Pendoping *Soft Doping* (Hikam, 2004)

| Ion Kecil | r (Å) | Ion Besar | r (Å) |
|------------------|-------|------------------|-------|
| Ti ⁴⁺ | 0,68 | Pb ²⁺ | 1,32 |
| Zr ⁴⁺ | 0,79 | Nd ³⁺ | 1,15 |
| Nb ⁵⁺ | 0,69 | Sb ³⁺ | 0,90 |
| Ta ⁵⁺ | 0,68 | Bi ³⁺ | 1,14 |
| Sb ⁵⁺ | 0,63 | Th ⁴⁺ | 1,10 |
| | | La ³⁺ | 1,15 |

Tabel 2.2. Jari-Jari Ion Pendoping *Hard Doping* (Hikam, 2004)

| Ion Kecil | r (Å) | Ion Besar | r (Å) |
|------------------|-------|------------------|-------|
| Ti ⁴⁺ | 0,68 | Pb ²⁺ | 1,32 |
| Zr ⁴⁺ | 0,79 | K ⁺ | 1,33 |
| Fe ³⁺ | 0,67 | Na ⁺ | 0,94 |
| Al ³⁺ | 0,57 | | |

Dari beberapa banyak material pendoping bahan ferroelektrik, salah satunya adalah La(CH₃COO)₃. Bahan La(CH₃COO)₃ (Lantanum Asetat) merupakan material

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

$\text{La}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ memiliki ion doping yang jari-jarinya hampir sama dari jari-jari ion Sr^{2+} . Jari-jari doping La^{3+} sebesar 1,15 Å sedangkan jari-jari ion Sr^{2+} sebesar 1,13 Å yang menempati posisi A pada struktur *perovskite*.

Penambahan ion doping Lantanum (La^{3+}) akan menghasilkan pembentukan ruang kosong pada posisi A struktur ABO_3 . Ion doping La^{3+} mempunyai muatan lebih besar dari Sr^{2+} sehingga terjadi kelebihan muatan positif pada struktur *perovskite* dan menghasilkan ruang kosong pada posisi A yang mempengaruhi jarak antar atom dan parameter kisi lapisan tipis. Jika ion doping La^{3+} ditingkatkan, maka ion pada posisi A akan semakin banyak (Irzaman, 2005).

2.5. Metode *Chemical Solution Deposition* (CSD)

Chemical Solution Deposition (CSD) untuk pembuatan lapisan tipis sudah dimulai sejak pertengahan 1980-an (Schwartz, 1997). Metode CSD merupakan metode pembuatan lapisan tipis dengan cara pendeposisian larutan kimia diatas substrat, kemudian dipreparasi dengan menggunakan *spin coating* pada kecepatan putaran tertentu (Setiawan, 2008). *Spin coating* adalah suatu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat terlebih dahulu kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan tertentu agar dapat diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat atau metode percepatan larutan pada substrat yang diputar. *Spin coating* pelapisan bahan dengan cara menyebarkan larutan keatas substrat kemudian diputar dengan kecepatan konstan untuk memperoleh lapisan baru yang homogen melibatkan akselerasi dari genangan cairan diatas substrat yang berputar. Material pelapis dideposisi di tengah substrat. Beberapa parameter yang terlibat dalam *coating* yaitu : viskositas larutan, kandungan padatan, kecepatan angular dan waktu putar (Hertanto, 2008).

Proses *spin coating* merupakan proses penetasan larutan pada substrat yang kemudian di putar dengan putaran tertentu dan waktu tertentu. Mula-mula cairan ditetaskan pada substrat dan pembasahan menyeluruh pada permukaan substrat

commit to user



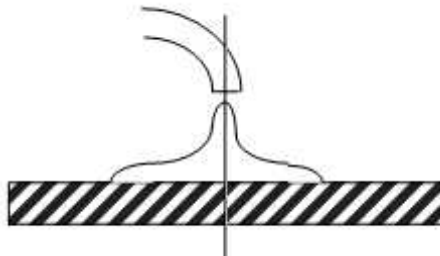
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

(tegangan permukaan diminimalisasi dan tidak ada getaran, tidak ada noda dan pengotor dan sebagainya). Piringan lalu dipercepat dengan kecepatan putar tertentu dan dalam waktu tertentu sehingga menyebabkan larutan terdistribusi merata pada substrat untuk memperoleh lapisan yang homogen.

Prinsip fisika dibalik *spin coating* adalah keseimbangan antara gaya viskositas yang dijelaskan oleh viskositas pelarut dengan gaya sentrifugal yang dikontrol oleh kecepatan spin (Chuswatun, 2006). Proses *spin coating* meliputi peneteskan lapisan diatas substrat, percepatan *spin coating* dengan kecepatan putar (*spin on*), perataan (*spin off*) dan proses pengeringan (penguapan). Proses *Spin coating* memuat tahapan seperti dibawah ini :

a. Peneteskan larutan diatas substrat

Pada proses ini, larutan dideposisikan di atas substrat kemudian diputar dengan kecepatan tinggi yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Kemudian lapisan yang telah dibuat akan dikeringkan sampai pelarut pada lapisan tersebut benar-benar sudah menguap.



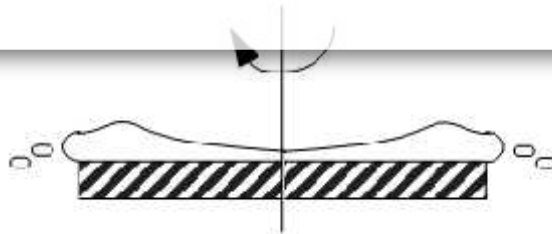
Gambar 2.4. Peneteskan Larutan di atas Substrat
(Luurtsema, 1997)

b. Percepatan *spin coating*

Setelah peneteskan larutan dilakukan, maka langkah selanjutnya dilakukan percepatan larutan dengan kecepatan yang relatif tinggi seperti pada Gambar 2.5. Kecepatan yang digunakan mengakibatkan adanya gaya sentrifugal dan turbulensi cairan. Kecepatan yang digunakan bergantung pada sifat larutan. Waktu yang digunakan pada percepatan ini biasanya membutuhkan waktu kira-kira 10 menit.



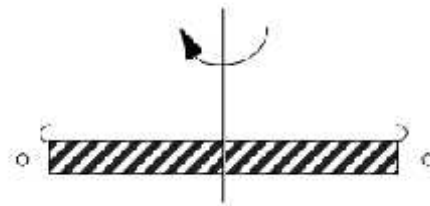
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 2.5. Percepatan pada *Spin Coating*
(Luurtsema, 1997)

c. Proses perataan (*spin off*)

Setelah melalui proses percepatan, maka akan terjadi perataan larutan diatas substrat seperti pada Gambar 2.6. Perataan ini agar lapisan tipis tidak terjadi ketebalan pada salah satu bagiannya.



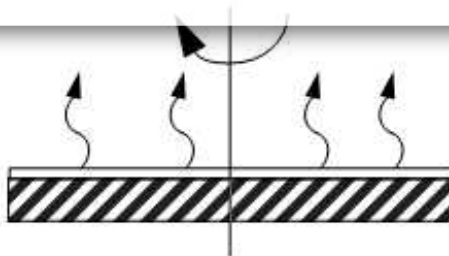
Gambar 2.6. Perataan pada *Spin Coating*
(Luurtsema, 1997)

d. Proses pengeringan

Gambar 2.7. menunjukkan proses pengeringan lapisan pada *spin coating*. Pada tahapan ini, pelarut diserap ke atmosfer dan sudah terbentuk lapisan tipis dengan ketebalan tertentu. Ketebalan pada lapisan ini bergantung pada kelembaban pada substrat.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 2.7. Pengeringan Lapisan
(Luurtsema, 1997)

2.6. Karakterisasi

Untuk memperoleh data, maka dilakukan pengujian terhadap lapisan tipis. Karakterisasi yang dilakukan meliputi karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan struktur kristal (kubus, tetragonal, orthorombik, heksagonal, monoklin atau triklin) dan mencari parameter kristal (parameter kisi atau jarak antar atom). Karakterisasi SEM EDX bertujuan untuk mengetahui komposisi, morfologi, ukuran butir dan ketebalan lapisan tipis.

2.6.1. X-Ray Diffraction (XRD)

Metode difraksi digunakan untuk menganalisis padatan berstruktur kristalin atau *amorf*. Metode tersebut juga berfungsi untuk mengetahui parameter kisi dan tipe struktur, susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, ukuran sub-butir, dan kerapatan fasanya. Sinar-X bersifat tidak bermuatan, sehingga sinar bergerak menurut garis lurus dan tidak dibelokkan oleh medan magnet dan medan listrik.

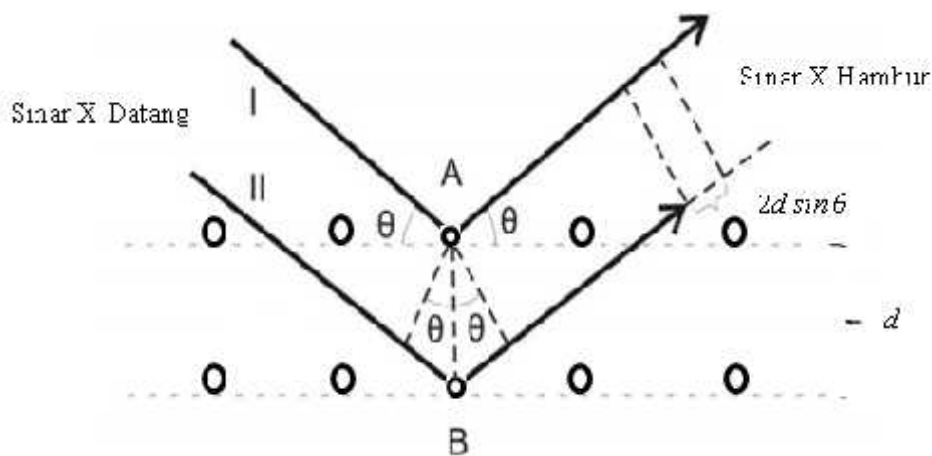
Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik dengan rentang panjang gelombang kurang lebih dari 0,01 nm hingga 10 nm (energinya kurang lebih dari 100 eV hingga 100 KeV). Panjang gelombang tersebut sama dengan orde konstanta kisi kristal, sehingga sinar-X sangat berguna untuk menganalisa struktur kristal. Jika sinar-X dikenai pada suatu material, maka intensitas sinar yang dihamburkan akan lebih rendah dari intensitas sinar yang datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan, karena fasanya berbeda dan ada yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi sinar-X. Intensitas sinar-X terdifraksi bergantung pada berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut berasal dari polarisasi sinar-X, penyerapan sinar-X, faktor geometri, posisi dan getaran atom-atom karena adanya pengaruh temperatur (Smallman dan Bishop, 1999). Peristiwa difraksi yang terjadi pada kisi kristal, dapat dilukiskan seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Difraksi sinar-X pada kristal
(Beiser, 1992)

Seberkas sinar-X pertama (I) dengan panjang gelombang λ yang mengenai atom A pada bidang pertama dan sinar-X kedua (II) dengan panjang gelombang λ jatuh pada kristal dengan sudut θ terhadap permukaan bidang kristal yang jaraknya adalah d . Seberkas sinar-X pertama (I) yang mengenai atom A pada bidang pertama dan sinar-X kedua (II) yang mengenai atom B pada bidang berikutnya mengakibatkan masing-masing atom menghambur dalam arah rambang. Sinar yang berinterferensi saling menguatkan terjadi ketika sinar-sinar yang terdifraksi beda lintasannya sebesar



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

kecepatan bulat dari panjang gelombang. Difraksi akan saling menguatkan jika terpenuhi persamaan Bragg sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.3)$$

dengan d adalah jarak antar bidang atom dalam kristal, λ adalah panjang gelombang sinar-X, n bilangan bulat (1,2,3,... dst) yang menyatakan orde berkas hambur dan θ adalah sudut difraksi.

2.6.2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne (ilmuwan Jerman). SEM bekerja berdasarkan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel, yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar. SEM mempunyai karakteristik secara kualitatif dalam 3 dimensi karena menggunakan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya dan hal ini sangat berguna untuk menentukan struktur permukaan dari sampel. Pengujian ini dapat memperoleh informasi mengenai topografi, morfologi, komposisi dan kristalografi. Morfologi yang diamati SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel.

Prinsip kerja terbentuknya gambar pada SEM yaitu berdasarkan deteksi elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel padatan, ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi secara kontinyu yang dipercepat didalam *electromagnetic coil* yang dihubungkan dengan *Cathode Ray Tube* (CRT) sehingga dihasilkan suatu informasi mengenai keadaan permukaan suatu sampel.

Sebagai pengertian awal, mikroskop elektron *scanning* menggunakan hamburan balik elektron-elektron (dengan $E \approx 30$ kV yang menggunakan energi datang) dan elektron-elektron sekunder ($E \approx 100$ eV) yang dipantulkan dari benda uji. Elektron-elektron sekunder mempunyai energi yang rendah, maka elektron-elektron tersebut dapat dibelokkan membentuk sudut dan menimbulkan bayangan topografi. Intensitas dari hamburan balik elektron-elektron sebanding dengan jumlah atom. Oleh karena itu hal ini penting untuk menunjukkan perbedaan komposisi. Intensitas dari



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

elektron yang dihamburkan baik juga peka terhadap orientasi berkas sinar datang relatif terhadap kristal. Efek ini menimbulkan perbedaan orientasi antara butir satu dengan butir yang lain (Smallman, 1991).

Teknik SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan sampel. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan gambar topografi dengan segala tonjolan dan lekukan permukaan. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen.

Kata kunci dari prinsip kerja SEM adalah *scanning* yang berarti bahwa berkas elektron menyapu permukaan spesimen, titik demi titik dengan sapuan membentuk garis demi garis, mirip seperti gerakan mata yang membaca. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan adalah dari titik pada permukaan, yang selanjutnya ditangkap oleh detector dan kemudian diolah dan ditampilkan pada layar CRT (TV). *Scanning coil* yang mengarahkan berkas elektron bekerja secara sinkron dengan pengarah berkas elektron pada tabung layar TV, sehingga didapatkan gambar permukaan spesimen pada layar TV.

2.7. General Structure Analysis System (GSAS)

General Structure Analysis System (GSAS) adalah himpunan program untuk memproses dan menganalisis data kristal tunggal atau bubuk (*powder*) yang diperoleh dari sumber sinar X dan neutron. GSAS berbentuk program perangkat lunak *General Structure Analysis System/Expanded GSAS User Interfasa* (GSAS/EXPGUI) yang berbasis pada metode *Rietveld*. Program yang digunakan untuk analisis karakterisasi dari lapisan tipis adalah PC GSAS EXPGUI. GSAS dapat dijalankan pada MS-Dos 6.x, Windows 95/98/2000/NT/XP/Vista dan Unix / Linux. GSAS EXPGUI digunakan untuk mengolah data hasil XRD dari BRUKER dengan proses penghalusan sehingga bisa didapatkan struktur kristal dan parameter kisi a , b dan c dari lapisan tipis yang terbentuk.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

GSAS EXPGUI dalam melakukan proses penghalusan harus diketahui terlebih dahulu parameter awal yaitu *Phase* yang meliputi *Space Group* dan *Cell Type*, *Atom Type* yang meliputi *frictional coordinates* dan *Occupancy*, Histogram yang meliputi data file dalam bentuk gss dan *instrument parameter file* dalam bentuk prm. Kemudian GSAS akan melakukan perhitungan secara teoritis dan membandingkan dengan data eksperimen. Jika sudah tercapai konvergensi, maka GSAS akan menampilkan parameter-parameter yang sesuai.

Kesesuaian antara kurva teoritis dan kurva observasi akan diperoleh bila proses pendekatan tersebut telah mencapai harga simpangan terkecil. Analisis *Rietveld* merujuk pada penghalusan struktur dengan cara *fitting* pada keseluruhan pola difraksi sinar X. *Fitting* terbaik dicari dari *fitting* kuadrat terkecil pada semua y_i . Nilai yang diminimalkan pada penghalusan adalah residu S_y (Keba, et al., 2003).

$$S_y = \sum_i W_i (Y_i - Y_{ci})^2 \quad (2.4)$$

Dengan W_i adalah faktor pemberat setiap pengamatan ($1/Y_i$), Y_i adalah intensitas yang diamati (intensitas observasi) pada langkah ke-i, dan Y_{ci} adalah intensitas yang dihitung (intensitas kalkulasi) pada langkah ke-i.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk pemotongan substrat, pembuatan larutan, proses *spin coating* dan proses *hidrolisis* lapisan tipis BST dan BSLT dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret. Proses *annealing* yang menggunakan *furnace* dilakukan di UPT Laboratorium Pusat MIPA Sub Lab Fisika Universitas Sebelas Maret. Karakterisasi lapisan tipis BST dan BSLT menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu Universitas Sebelas Maret serta karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) Bandung. Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan November 2011 sampai Juli 2012.

3.2. Bahan dan Alat yang digunakan

3.2.1. Bahan yang digunakan

- Substrat Pt/Si yang mempunyai orientasi bidang (111).
- Metanol (CH_3OH) digunakan untuk pencucian substrat.
- Asam Asetat (CH_3COOH) dan *Etylen Glicol* ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) digunakan sebagai bahan pelarut.
- Bubuk Barium Asetat [$\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$], Titanium Isoporoksid [$\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$], Strontium Asetat [$\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2$], dan Lantanum Asetat [$\text{La}(\text{CH}_3\text{COO})_3$] digunakan sebagai bahan terlarut.

3.2.2. Alat yang digunakan

- Penggaris, pemotong substrat dan kaca berukuran 25 cm x 20 cm digunakan untuk menghasilkan ukuran substrat yang diinginkan.
- Pinset cawan digunakan untuk pengambilan substrat yang telah dipotong.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

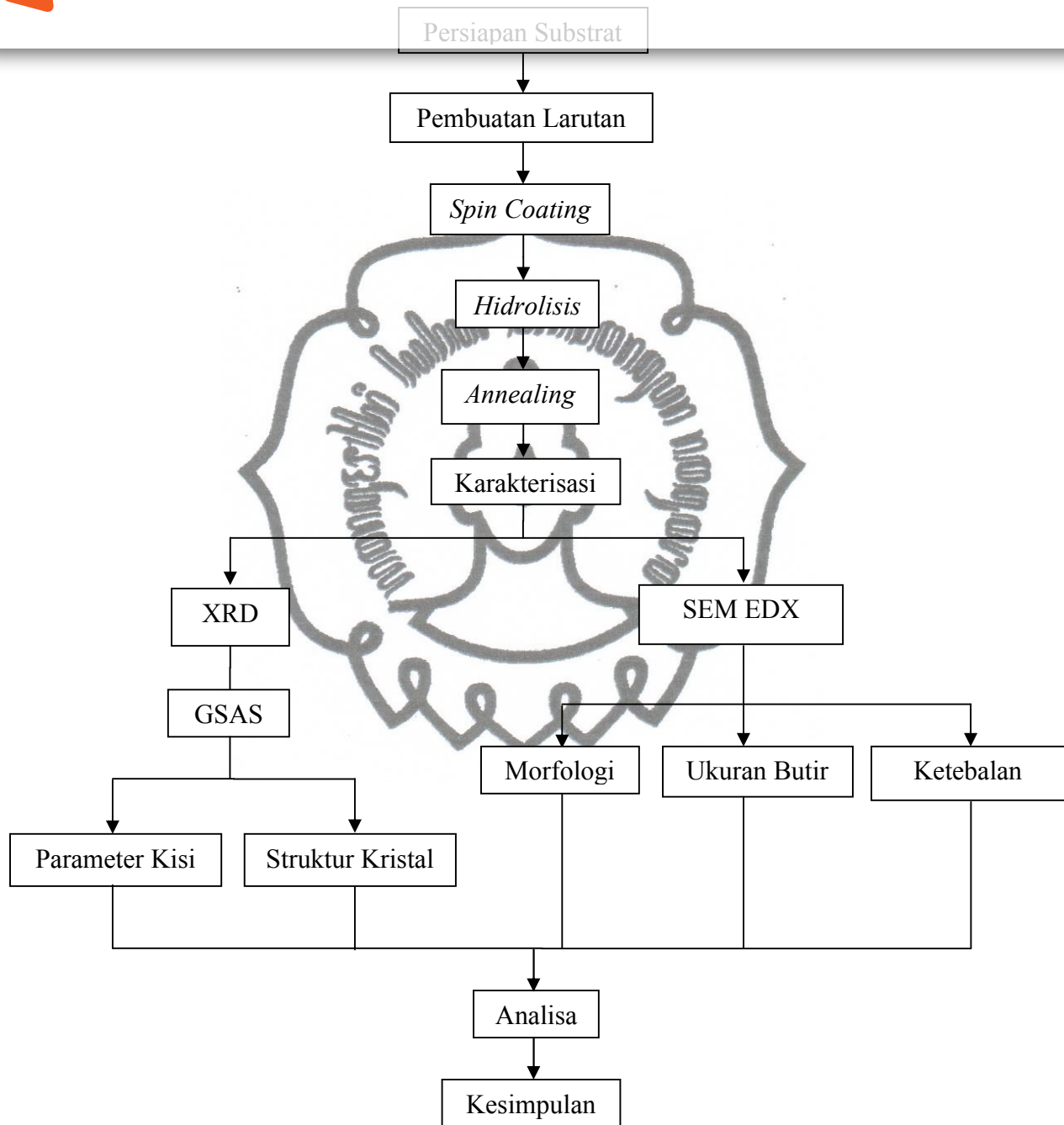
- c) *Ultrasonic cleaner* merk KADA CHENG digunakan untuk pencucian substrat.
- d) *Hair dryer* digunakan untuk pengeringan substrat yang telah dibersihkan.
- e) Pipet dan spatula digunakan untuk pengambilan bahan cair dan padatan.
- f) Kertas timbang digunakan untuk peletakan bahan padatan.
- g) Neraca analitik merk Mettler Toledo tipe AL204 digunakan untuk penimbangan bahan.
- h) Erlenmeyer *Pyrex* 25 ml digunakan sebagai wadah pencampuran bahan.
- i) *Magnetic stirrer* digunakan untuk pencampuran bahan.
- j) *Hot plate* merk *WiseStir* tipe MSH-20D digunakan sebagai pengaduk bahan.
- k) *Hot plate* merk IKA® C-MAG tipe HS 7 digunakan untuk pemanasan larutan.
- l) *Stopwatch* digunakan untuk menghitung lamanya waktu pengadukan dan pemanasan larutan.
- m) *Spin coater* merk Chemat Technology tipe KW-4A digunakan untuk proses pendeposisian larutan pada substrat.
- n) *Furnace* merk *Neytech Qex* digunakan untuk proses *annealing*.
- o) Alat untuk karakterisasi meliputi XRD merk Bruker model D8 ADVANCE dan SEM EDX merk JEOL seri JSM6360LA.

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini meliputi pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT yang disiapkan dengan *spin coater* di atas substrat Pt/Si (111) menggunakan metode *spin coating*, kemudian dikarakterisasi. Pada Gambar 3.1 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Pada persiapan substrat, alat yang digunakan yaitu pemotong substrat untuk pemotongan substrat, penggaris untuk pengukuran substrat dan kaca berukuran 25 cm x 20 cm sebagai tempat pemotong substrat. Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pt/Si dengan orientasi bidang (111) yang dibentuk dengan ukuran 1 cm x 1,25 cm ditunjukkan pada Gambar 3.2. Setelah substrat selesai dipotong, lalu dimasukkan ke dalam wadah menggunakan pinset. Wadah tersebut diberi *methanol*, kemudian dimasukkan ke dalam *ultrasonic cleaner* ditunjukkan pada Gambar 3.3 yang dilakukan dengan cara digetarkan untuk pembersihan kotoran yang melekat pada substrat. Pencucian substrat dilakukan dua kali supaya menjadi bersih, kemudian dikeringkan menggunakan *hairdryer* seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.2. Subsrat Pt/Si (111)



Gambar 3.3. Pencucian Substrat



Gambar 3.4. Pengeringan Substrat



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Molaritas larutan yang dibuat adalah 0,5 M dengan volume 2,5 ml. Larutan

BST dibuat menggunakan variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5%. Larutan BST dan BSLT masing-masing dibuat menggunakan rumus $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ dan $Ba_{1-x-0,5y}Sr_{x-0,5y}La_yTiO_3$ sehingga didapatkan perhitungan mol dan massa bahan-bahan yang dipakai.



Gambar 3.5. Bahan Pelarut dan Bahan Terlarut
(a) Strontium Asetat (b) Titanium Isopropopoksid
(c) Lantanum Asetat (d) Barium Asetat

Larutan yang dibuat terdiri dari bahan terlarut seperti Barium Asetat $[Ba(CH_3COO)_2]$ yang ditunjukkan pada Gambar 3.5(d) dan Strontium Asetat $[Sr(CH_3COO)_2]$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5(a) dengan ditambah bahan pelarut Asam Asetat (CH_3COOH) kemudian diaduk di atas *hot plate magnetic stirrer WiseStir* tipe MSH-20D yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Setelah selesai, ditambahkan Titanium Isopropopoksid $[Ti(C_{12}O_4H_{28})]$ yang ditunjukkan pada Gambar 3.5(b) dan diaduk, kemudian ditambah Lantanum Asetat $[La(CH_3COO)_3]$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5(c) lalu diaduk. Bahan terakhir yang ditambahkan lagi yaitu bahan pelarut *Etylene Glycol* dan kemudian diaduk. Setelah



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

semua proses pencampuran bahan dilakukan, maka larutan dipanaskan di atas *hot plate* merk IKA® C-MAG tipe HS 7 yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Larutan yang telah selesai dipanaskan, langkah terakhir yaitu larutan dimasukkan ke dalam botol kecil, kemudian diberi label keterangan dengan nama larutan dan tanggal pembuatan larutan dengan menggunakan kertas label seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.6. Proses Pengadukan



Gambar 3.7. Proses Pemanasan



Gambar 3.8. Larutan BSLT

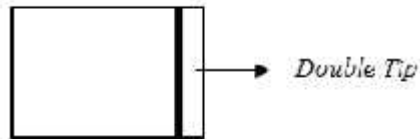
3.3.3. Proses *Spin Coating*

Pada proses ini, substrat Pt/Si diberi *double tip* seperti sketsa pada Gambar 3.9 diletakkan di atas holder seperti pada Gambar 3.10 kemudian larutan ditetaskan di



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

atas substrat menggunakan pipet. Sampel diputar dengan kecepatan 4000 rpm selama 30 detik menggunakan *spin coater* yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.9. Sketsa Substrat Pt/Si dengan *Double Tip*



Gambar 3.10. Penetesan Larutan di atas Substrat



Gambar 3.11. Proses *Spin Coating*

3.3.4. Proses *Hidrolisis*

Setelah proses *spin coating* dilakukan, maka lapisan tipis BST dan BSLT dipanaskan di atas *hot plate* merk IKA® C-MAG tipe HS 7 yang ditunjukkan pada Gambar 3.12. Proses *hidrolisis* dilakukan pada lapisan tipis BST atau BSLT dengan variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5%. Proses ini bertujuan untuk pengurangan kadar air pada lapisan tipis saat terjadi penguapan kandungan air ketika dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu 400°C selama 10 menit.



Gambar 3.12. Proses *Hidrolisis*

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Proses *annealing* pada lapisan tipis BST dengan komposisi mol Barium (Ba)

dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5% menggunakan *furnace* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.13. Proses ini bertujuan untuk pertumbuhan butir pada lapisan tipis. Proses *annealing* dilakukan menggunakan suhu 800°C selama 3 jam.



Gambar 3.13. Seperangkat Alat *Furnace* Merk NEYTECH Qex

3.3.6. Karakterisasi

Karakterisasi lapisan tipis meliputi karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Karakterisasi XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi. Karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui morfologi, ukuran butir dan ketebalan dari lapisan tipis. Karakterisasi SEM yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) bertujuan untuk mengetahui komposisi presentase massa (At %) dari masing-masing unsur yang terbentuk pada lapisan tipis.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Karakterisasi XRD menggunakan alat merk Bruker model D8 ADVANCE

yang ditunjukkan pada Gambar 3.14. Data yang diperoleh dari XRD yaitu berupa intensitas difraksi sinar-X sebagai sumbu Y dan sudut yang terdifraksi (2θ) sebagai sumbu X. Dari data tersebut diperoleh puncak-puncak pada pola difraksi. Setiap puncak yang muncul didapatkan orientasi bidang tertentu yang telah dicocokkan dengan *International Center for Diffraction Data* (ICDD) data base dengan menginstal aplikasi Pcpdwin. Karakterisasi XRD ini bertujuan untuk mengetahui pergeseran sudut yang terdifraksi ketika didapatkan puncak-puncak yang muncul dengan orientasi bidang tertentu pada pola difraksi.

Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan data base ICDD maka dilakukan penghalusan (*refinement*) menggunakan *software General Structure Analysis System* (GSAS) yang berbentuk program perangkat lunak *General Structure Analysis System/Expanded GSAS User Interface* (GSAS/EXPGUI). Data hasil XRD dari BRUKER diolah menggunakan GSAS EXPGUI dengan proses *refinement* sehingga bisa diperoleh struktur kristal dan parameter kisi a , b dan c dari lapisan tipis.



Gambar 3.14. Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)
merk Bruker model D8 ADVANCE

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

3.3.6.2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang menggunakan alat merk JEOL seri JSM6360LA bertujuan untuk mengetahui morfologi, ukuran butir dan ketebalan lapisan tipis. Karakterisasi SEM yang dilengkapi *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) dapat mengetahui komposisi presentase massa (At %) dari unsur-unsur pada lapisan tipis BST dan BSLT.

Prinsip kerja SEM menggunakan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel kemudian informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar sehingga didapatkan foto dari masing-masing sampel berupa foto SEM morfologi yang terlihat lekukan-lekukan, butiran-butiran dan batas butir serta foto SEM tampang lintang terlihat ketebalan dari lapisan tipis yang terdeposisi pada substrat.



Gambar 3.15. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk JEOL seri JSM6360LA

3.4. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data pada penelitian ini yaitu pada data hasil karakterisasi XRD dan SEM EDX. Pada karakterisasi XRD didapat data berupa sudut difraksi (2θ) dan intensitas yang terdifraksi. Puncak yang muncul dicocokkan dengan ICDD sehingga

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

didapatkan orientasi bidang tertentu. Setiap puncak yang muncul pada perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5% diperoleh beberapa orientasi bidang tertentu pada sudut difraksi (2θ) dari lapisan tipis sehingga dapat diketahui pergeseran sudutnya. Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan data base ICDD dan dilakukan penghalusan (*refinement*) menggunakan GSAS EXPGUI sehingga bisa diperoleh struktur kristal dan parameter kisi pada lapisan tipis BST dan BSLT.

Pada karakterisasi SEM didapatkan foto dari masing-masing sampel berupa foto SEM morfologi yang terlihat lekukan-lekukan, butiran-butiran dan batas butir sehingga dari hasil foto tersebut dapat diketahui morfologi, ukuran butir dan ketebalan lapisan tipis. Pada foto SEM tampang lintang dapat diperoleh ketebalan dari lapisan tipis lapisan tipis yang terbentuk.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan lapisan tipis Barium Strontium Titanat (BST) dan BST doping Lantanum (BSLT) telah berhasil ditumbuhkan di atas substrat Pt/Si dengan metode *sol gel* yang disiapkan dengan proses *spin coating*. Lapisan tipis BST dan BSLT ditumbuhkan pada suhu 800°C, *heating rate* 5°C/menit, dan *holding time* 3 jam. Proses pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT dengan metode *sol gel* meliputi pembuatan larutan, pendeposisian di atas substrat Pt/Si dan proses *annealing*. Penumbuhan lapisan tipis BST dan BSLT di atas substrat Pt/Si berhasil dilakukan menggunakan variasi perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) yaitu 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 serta variasi perbandingan % mol dopan Lantanum (La) sebesar 1%, 3% dan 5% dengan jumlah lapis yaitu 3 lapis.

Pada pembuatan lapisan tipis BST dan BSLT saat pendeposisian di atas substrat Pt/Si secara kasat mata gradasi warnanya terlihat. Bentuk fisik dari sampel lapisan tipis BST dan BSLT yang terbentuk didapatkan perbedaan kerataan warna dari setiap sampelnya, yang mana mayoritas gradasi warna sampel terlihat pelangi biru hijau keunguan. Perbedaan yang cukup signifikan terlihat dari perubahan warna yang terjadi, setelah dipanaskan di atas *hot plate* maka terjadi perubahan warna menjadi pelangi hijau keunguan keemasan.

Lapisan tipis BST dan BSLT yang sudah diannealing dan evaporasi, selanjutnya dilakukan karakterisasi yang meliputi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX). Karakterisasi XRD untuk menganalisa struktur kristal dan SEM EDX untuk menganalisa komposisi, morfologi, ukuran butir dan ketebalan lapisan tipis BST dan BSLT.



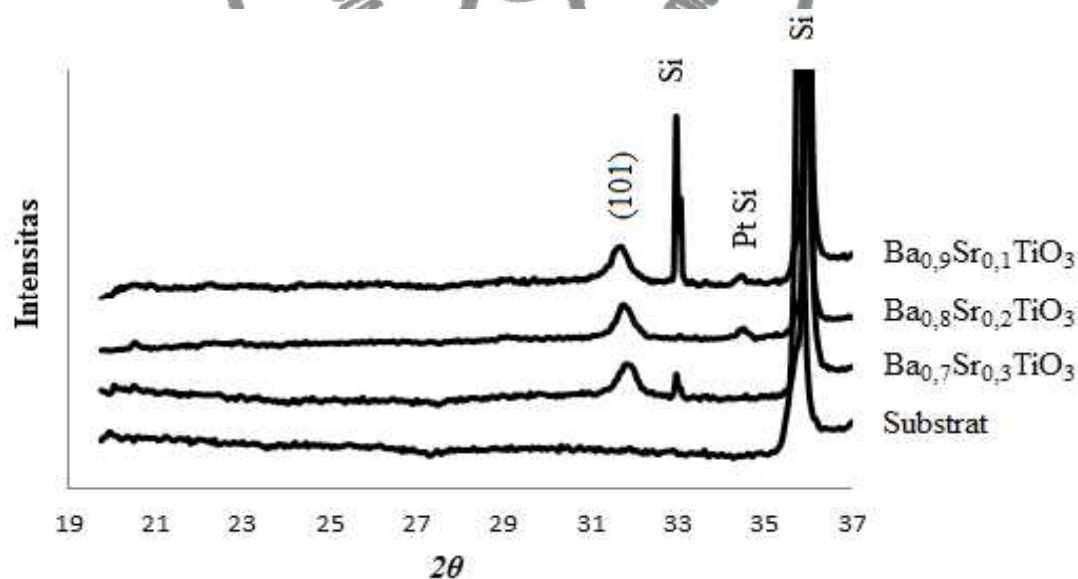
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

4.1.1. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan dalam mengidentifikasi

struktur kristal dari lapisan tipis BST dan BSLT. Hasil data XRD berupa sudut difraksi (2θ) dan intensitas. Tiap-tiap puncak yang muncul pada pola difraksi menunjukkan satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu. Puncak-puncak yang muncul dicocokkan dengan *International Center for Diffraction Data* (ICDD) data base PDF # 440093, PDF # 040802, PDF # 390973 dan PDF # 710523 masing-masing untuk mengidentifikasi lapisan tipis BST, substrat Pt, Si dan Pt Si. Alat XRD yang digunakan untuk karakterisasi lapisan tipis BST dan BSLT menggunakan XRD merk Bruker model D8 ADVANCE dengan sumber radiasi (target) Cu yang mempunyai panjang gelombang 1,5406 Å.

4.1.1. Variasi Komposisi Mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr)



Gambar 4.1.

Pola Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr

Pada Gambar 4.1 menunjukkan variasi perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,7:0,3; 0,8:0,2 dan 0,9:0,1 pada lapisan tipis BST. Setiap puncak yang



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

muncul menunjukkan orientasi bidang tertentu. Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi dicocokkan dengan ICDD data base PDF # 440093 milik BST. Puncak yang telah dicocokkan dan dimiliki oleh BST yaitu pada sudut difraksi (2θ) sebesar $31,748^\circ$ yang memiliki orientasi bidang (101). Pada sudut difraksi sekitar $32,802^\circ$ seiring bertambahnya mol komposisi Ba terdapat satu puncak Si yang mempunyai orientasi bidang (130) dengan intensitas puncak yang bertambah tinggi, namun tidak muncul pada komposisi $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$. Pada puncak pola difraksi BST tanpa dopan dengan variasi komposisi mol Ba dan Sr mempunyai sudut difraksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1.
Sudut Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr

| Orientasi Bidang | Sudut Difraksi | | |
|---------------------|--|--|--|
| | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ |
| (101) | 31,812 | 31,762 | 31,712 |

Tabel 4.1 menunjukkan pola difraksi yang sama pada setiap variasi komposisi mol Ba dan Sr. Pada variasi tersebut, pola difraksi tidak berpengaruh terhadap orientasi bidang tertentu, akan tetapi menentukan orientasi bidang yang sama. Seiring dengan bertambahnya komposisi mol Ba pada BST, maka sudut difraksinya bergeser ke kiri (semakin kecil). Hal ini dikarenakan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) semakin besar, sesuai dengan perumusan hukum Bragg tentang persamaan difraksi yang menyatakan bahwa sudut difraksi (θ) berbanding terbalik dengan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) sehingga mempengaruhi nilai parameter kisinya.

Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan ICDD data base, ternyata milik BST. Dugaan ini benar setelah dilakukan penghalusan dengan *software General Structure Analysis System (GSAS)* yang berbentuk program perangkat lunak *General Structure Analysis System/Expanded GSAS User Interface (GSAS/EXPGUI)*. GSAS EXPGUI mengolah data hasil XRD dari BRUKER dengan

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

proses penghalusan sehingga bisa didapatkan struktur kristal dan parameter kisi a , b dan c dari lapisan tipis yang terbentuk.

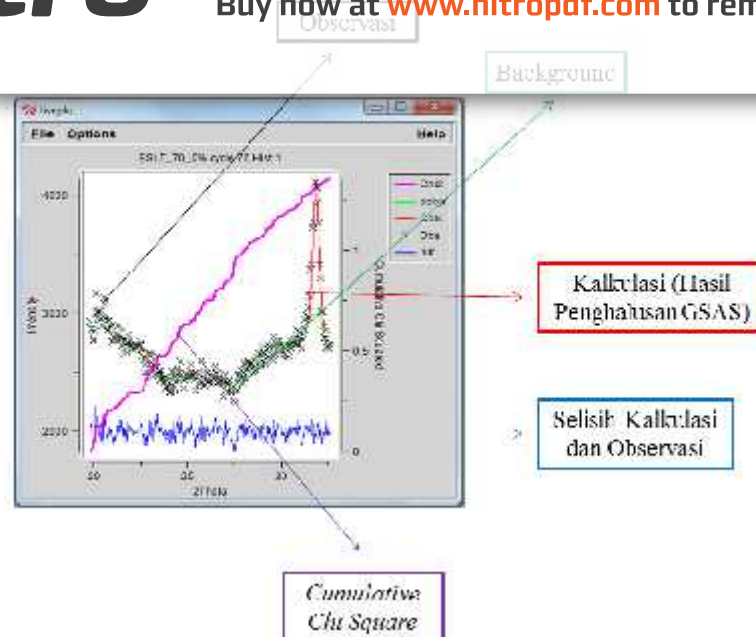
Langkah awal sebelum dilakukan *refinement* menggunakan *software* GSAS EXPGUI yaitu disiapkan file berbentuk *raw* (file data yang berasal dari XRD Bruker) yang telah dikonversi kedalam bentuk file *gss* menggunakan *software* convX dan file berbentuk *prm* (file parameter instrumental yang berasal dari sumber radiasi atau target Cu yang mempunyai panjang gelombang 1,5406 Å) yang digunakan sebagai input GSAS. Kedua file tersebut diletakkan dalam *directory* C pada folder GSAS. Ketika file data eksperimen dan file parameter instrumental sudah disiapkan maka langkah selanjutnya yaitu EXPGUI dijalankan (diklik EXPGUI dari Dekstop) kemudian pada *select an experiment file to read* dituliskan file eksperimennya, kemudian *read* diklik sehingga muncul *create* untuk menuliskan *input title for experiment*, setelah itu *set* diklik untuk masuk ke *interface* EXPGUI dan siap dilakukan *refinement*. Parameter awal (input) yang dijalankan yaitu *phase* yang meliputi *space group* dan *cell type*, *atom type* yang meliputi *frictional coordinates* dan *occupancy*, *histogram* dengan dimasukkan data file *add new histogram* berupa data dalam bentuk *gss* dan *instrument parameter file* dalam bentuk *prm*. Kemudian setelah proses input selesai, selanjutnya dilakukan proses *powpref* dan *genles*.

Hasil output penghalusan pola difraksi ditampilkan dalam grafik *liveplot* yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 terdapat perbedaan warna dari setiap bentuk garisnya. Warna hitam berupa tanda silang menerangkan grafik observasi yang berasal dari peralatan XRD, warna hijau muda menampilkan grafik *background*, warna merah menunjukkan grafik hasil penghalusan program GSAS, warna biru tua menampilkan selisih atau perbedaan antara grafik kalkulasi dan observasi, serta warna merah muda menerangkan kelinieran dari *cumulative chi square*. Dengan melakukan *fitting* berupa *edit background*, *number of cycle* dan *profile*, maka GSAS akan melakukan perhitungan secara teoritis yang dihitung dan membandingkan dengan data eksperimen yang diamati. Jika sudah tercapai konvergensi, maka GSAS akan menampilkan parameter-parameter yang sesuai.

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



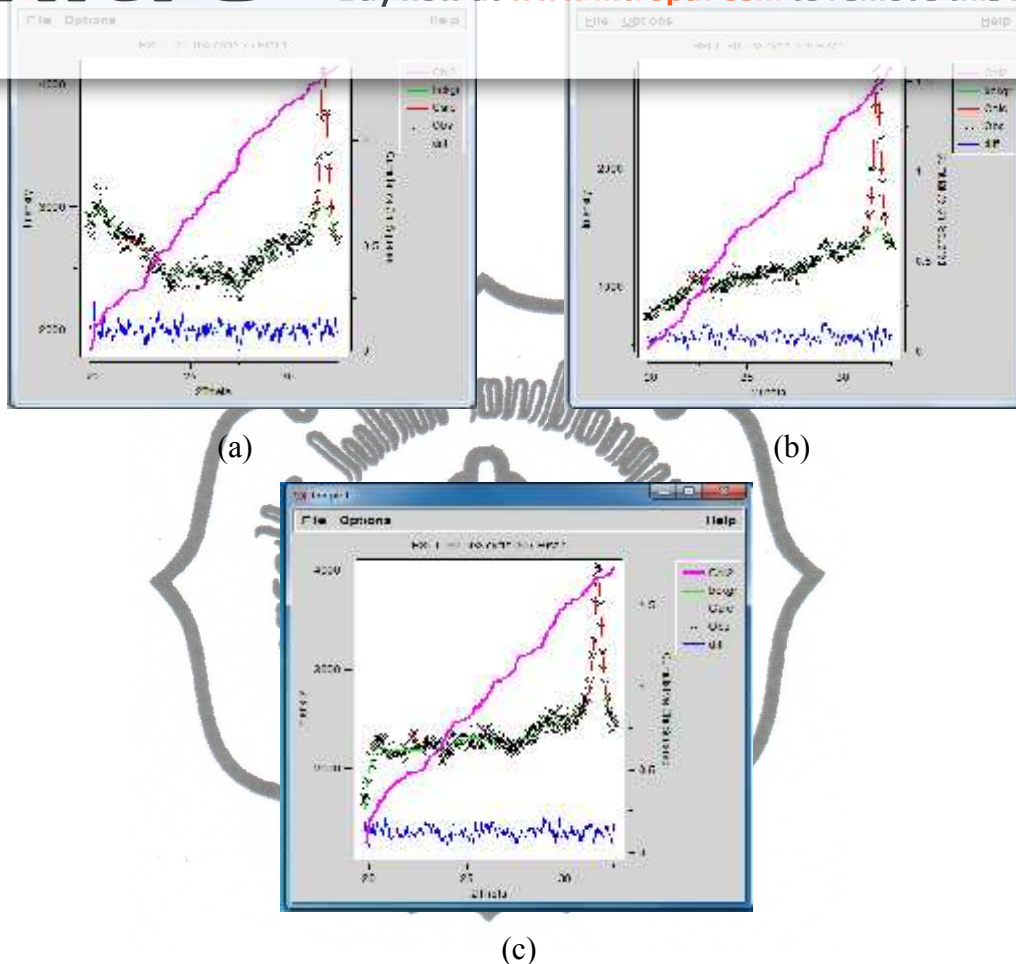
Gambar 4.2. Grafik *Liveplot* Hasil Output Penghalusan Pola Difraksi

Kesesuaian antara kurva teoritis dan kurva observasi akan diperoleh bila proses pendekatan tersebut telah mencapai harga simpangan terkecil yang ditampilkan dengan *chi square*. Analisis *Rietveld* merujuk pada penghalusan struktur dengan cara *fitting* pada keseluruhan pola difraksi sinar X. Hasil penghalusan menggunakan program GSAS untuk variasi komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) pada lapisan tipis BST ditampilkan pada Gambar 4.3.

Nilai parameter kisi dengan hasil penghalusan program GSAS seperti pada Tabel 4.2. Parameter kisi yang didapat dari hasil penghalusan mengalami perubahan dari nilai parameter kisi awal yaitu $a = b = 3,977 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$. Secara keseluruhan, dari hasil penghalusan pola difraksi BST pada variasi komposisi mol Ba dan Sr didapatkan nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perbesaran dari parameter kisi awal, dengan nilai parameter kisi a dan b lebih kecil daripada nilai parameter kisi c .



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.3. Penghalusan Pola Difraksi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr Menggunakan Program GSAS
(a) $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ (c) $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$

Nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perubahan dari parameter kisi awal, hal ini dikarenakan sudut difraksi pada lapisan tipis BST dengan variasi komposisi mol Ba dan Sr ini mengalami pergeseran dari sudut difraksi BST pada ICDD yang mempunyai orientasi bidang ($h k l$) tertentu sehingga mempengaruhi jarak antar atom dalam kristal dan menyebabkan perubahan parameter kisi a , b dan c . Parameter kisi mengalami perubahan yang tidak begitu signifikan pada BST dengan variasi komposisi mol Ba dan Sr. Nilai parameter kisi yang dihasilkan dengan hasil



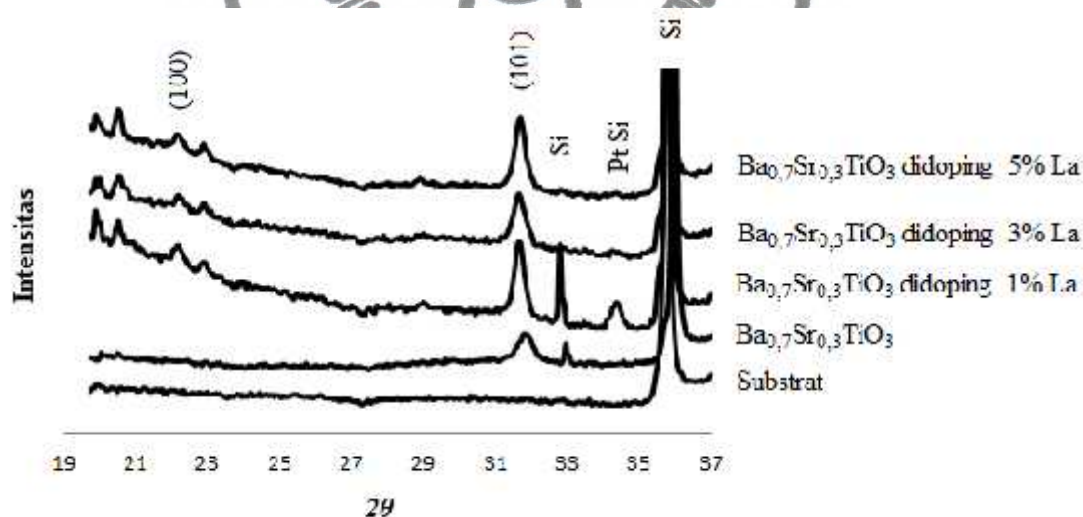
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

penghalusan program GSAS menunjukkan bahwa lapisan tipis BST mempunyai struktur tetragonal karena memiliki nilai parameter kisi $a = b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

Tabel 4.2. Parameter Kisi Lapisan Tipis BST dengan Variasi Komposisi mol Ba dan Sr Hasil Penghalusan Program GSAS

| Parameter Kisi (Å) | Ba _{0,7} Sr _{0,3} TiO ₃ | Ba _{0,8} Sr _{0,2} TiO ₃ | Ba _{0,9} Sr _{0,1} TiO ₃ |
|--------------------|--|--|--|
| <i>a</i> | 3,966 | 3,977 | 3,994 |
| <i>b</i> | 3,966 | 3,977 | 3,994 |
| <i>c</i> | 3,987 | 3,991 | 4,001 |

4.1.2. Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO₃ Didoping Lantanum (La)



Gambar 4.4.
Pola Difraksi Lapisan Tipis Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO₃ Didoping Lantanum

Pada Gambar 4.4 menunjukkan pola difraksi lapisan tipis Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO₃ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,7:0,3. Setiap puncak yang



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

muncul menunjukkan orientasi bidang tertentu. Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi dicocokkan dengan ICDD data base PDF # 440093 milik lapisan tipis

BST. Puncak yang telah dicocokkan dan dimiliki oleh lapisan tipis BST yaitu pada sudut difraksi (2θ) sebesar $22,336^\circ$ dan $31,748^\circ$ yang memiliki orientasi bidang (100) dan (101). Pada sudut difraksi sekitar $32,802^\circ$ terdapat satu puncak Si yang mempunyai orientasi bidang (130) dengan intensitas puncak yang bertambah tinggi pada $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dan $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La.

Pada pola difraksi lapisan tipis setelah didoping La mempunyai tingkat kekristalan dengan intensitas yang lebih tinggi daripada sebelum didoping La. Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya tabel intensitas dan sudut difraksi hasil XRD. Ketika sebelum didoping La hanya muncul orientasi bidang (101) dan setelah didoping La muncul orientasi bidang (100) dan (101). Hal ini berkaitan dengan peristiwa difraksi pada kisi kristal bahan yang telah didoping La tersebut. Jadi ketika seberkas sinar-X mengenai atom-atom pada kristal maka akan mengakibatkan masing-masing atom menghambur dalam arah rambang. Sinar yang saling berinterferensi menguatkan dimana beda lintasannya sebesar kelipatan bulat panjang gelombang. Oleh karena itu menyebabkan terjadinya puncak yang mempunyai orientasi bidang (100) pada BST didoping Lantanum. Pada puncak pola difraksi variasi % mol dopan La mempunyai sudut difraksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3.
Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping La

| Orientasi Bidang | Sudut Difraksi | | | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
| (100) | - | 22,210 | 22,260 | 22,160 |
| (101) | 31,812 | 31,662 | 31,712 | 31,662 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

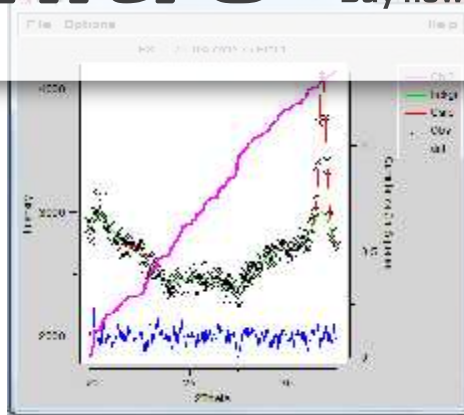
Tabel 4.5 menunjukkan pola difraksi yang sama pada setiap variasi % mol dopan La. Pada variasi tersebut, pola difraksi tidak berpengaruh terhadap orientasi bidang tertentu, akan tetapi menentukan orientasi bidang yang sama. Secara keseluruhan, seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr sebesar 0,7:0,3 maka sudut difraksinya bergeser ke kiri (semakin kecil) namun tidak signifikan pada $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Hal ini dikarenakan pada $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La dan $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La, jarak antar bidang atom dalam kristal (d) semakin besar, sesuai dengan perumusan hukum Bragg tentang persamaan difraksi yang menyatakan bahwa sudut difraksi (θ) berbanding terbalik dengan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) sehingga mempengaruhi nilai parameter kisinya.

Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan ICDD data base, ternyata milik lapisan tipis BST. Dugaan ini benar setelah dilakukan penghalusan dengan *software* GSAS/EXPGUI. Hasil penghalusan menggunakan program GSAS untuk variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) 0,7:0,3 ditampilkan pada Gambar 4.5.

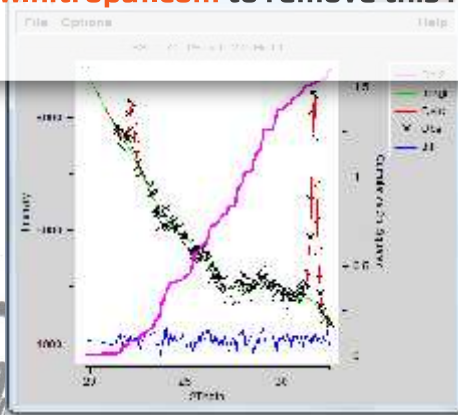
Nilai parameter kisi hasil penghalusan program GSAS seperti pada Tabel 4.4. Parameter kisi yang didapat dari hasil penghalusan mengalami perubahan dari nilai parameter kisi awal yaitu $a = b = 3,977 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$. Secara keseluruhan, dari hasil penghalusan pola difraksi lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ variasi % mol dopan La didapatkan nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perbesaran dari parameter kisi awal, dengan nilai parameter kisi a dan b lebih besar daripada nilai parameter kisi c . Dengan penambahan bahan dopan maka nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perubahan dari parameter kisi awal, hal ini dikarenakan sudut difraksi pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La ini mengalami pergeseran dari sudut difraksi BST pada ICDD yang mempunyai orientasi bidang ($h \ k \ l$) tertentu sehingga mempengaruhi jarak antar atom dalam kristal dan menyebabkan perubahan parameter kisi a , b dan c .



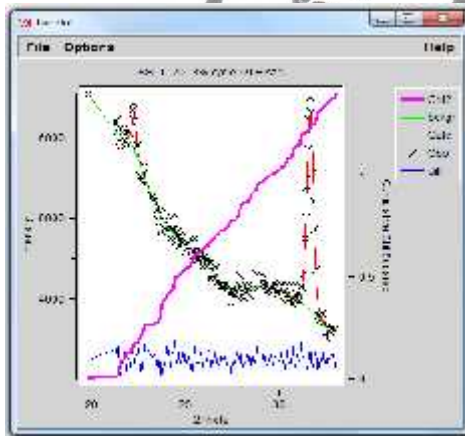
This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



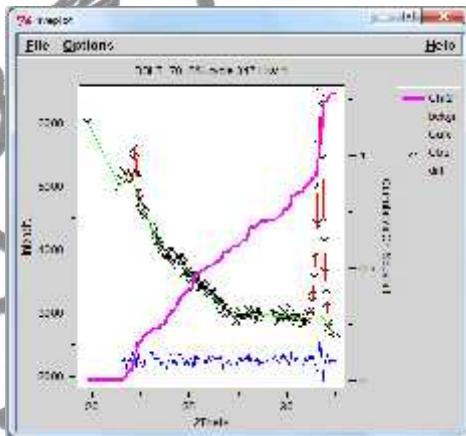
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.5. Penghalusan Pola Difraksi
Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ didoping La Menggunakan Program GSAS
(a) $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Parameter kisi hanya mengalami perubahan yang tidak begitu signifikan pada variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr (0,7:0,3). Nilai parameter kisi yang dihasilkan dengan hasil penghalusan program GSAS menunjukkan bahwa lapisan tipis BST doping La mempunyai struktur tetragonal karena memiliki nilai parameter kisi $a = b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

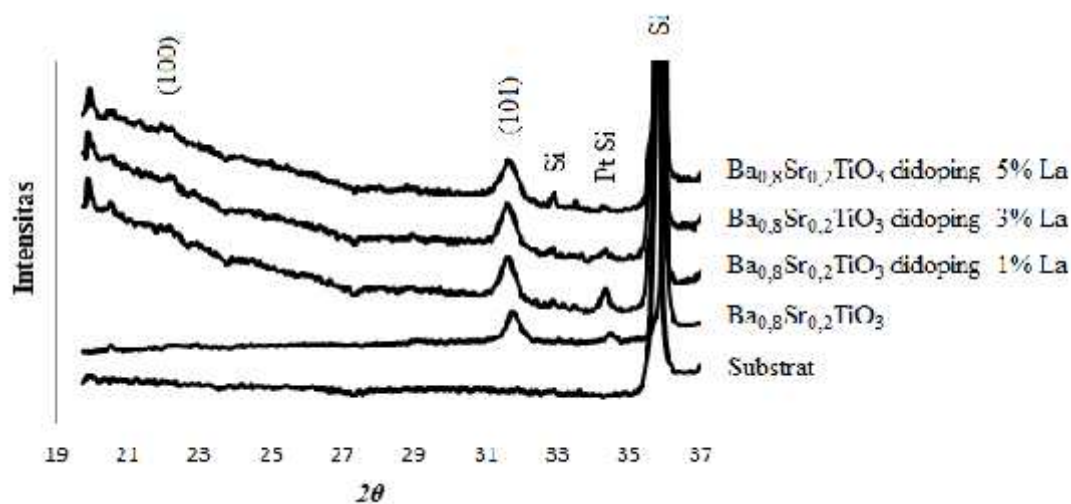


This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Tabel 4.4. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS

| Parameter Kisi (Å) | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
|--------------------|--|--|--|--|
| <i>a</i> | 3,966 | 4,007 | 3,996 | 4,000 |
| <i>b</i> | 3,966 | 4,007 | 3,996 | 4,000 |
| <i>c</i> | 3,987 | 3,988 | 3,992 | 3,979 |

4.1.3. $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)



Gambar 4.6.
Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum

Pada Gambar 4.6 menunjukkan pola difraksi lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,8:0,2. Setiap puncak yang muncul menunjukkan orientasi bidang tertentu. Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi dicocokkan dengan ICDD data base PDF # 440093 milik BST. Puncak yang telah dicocokkan dan dimiliki oleh BST yaitu pada sudut difraksi (2θ) sebesar $22,336^\circ$ dan $31,748^\circ$ yang memiliki orientasi bidang (100) dan (101). Pada sudut



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

difraksi sekitar $32,802^\circ$ seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La terdapat suatu puncak Si yang mempunyai orientasi bidang (130) dengan intensitas puncak yang bertambah tinggi. Pada puncak pola difraksi variasi % mol dopan La mempunyai sudut difraksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 menunjukkan pola difraksi yang sama pada setiap variasi % mol dopan La. Pada variasi tersebut, pola difraksi tidak berpengaruh terhadap orientasi bidang tertentu, akan tetapi menentukan orientasi bidang yang sama. Seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr sebesar 0,8:0,2 maka sudut difraksinya bergeser ke kiri (semakin kecil) namun tidak signifikan pada $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Hal ini dikarenakan pada $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La dan $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La, jarak antar bidang atom dalam kristal (d) semakin besar, sesuai dengan perumusan hukum Bragg tentang persamaan difraksi yang menyatakan bahwa sudut difraksi (θ) berbanding terbalik dengan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) sehingga mempengaruhi nilai parameter kisinya.

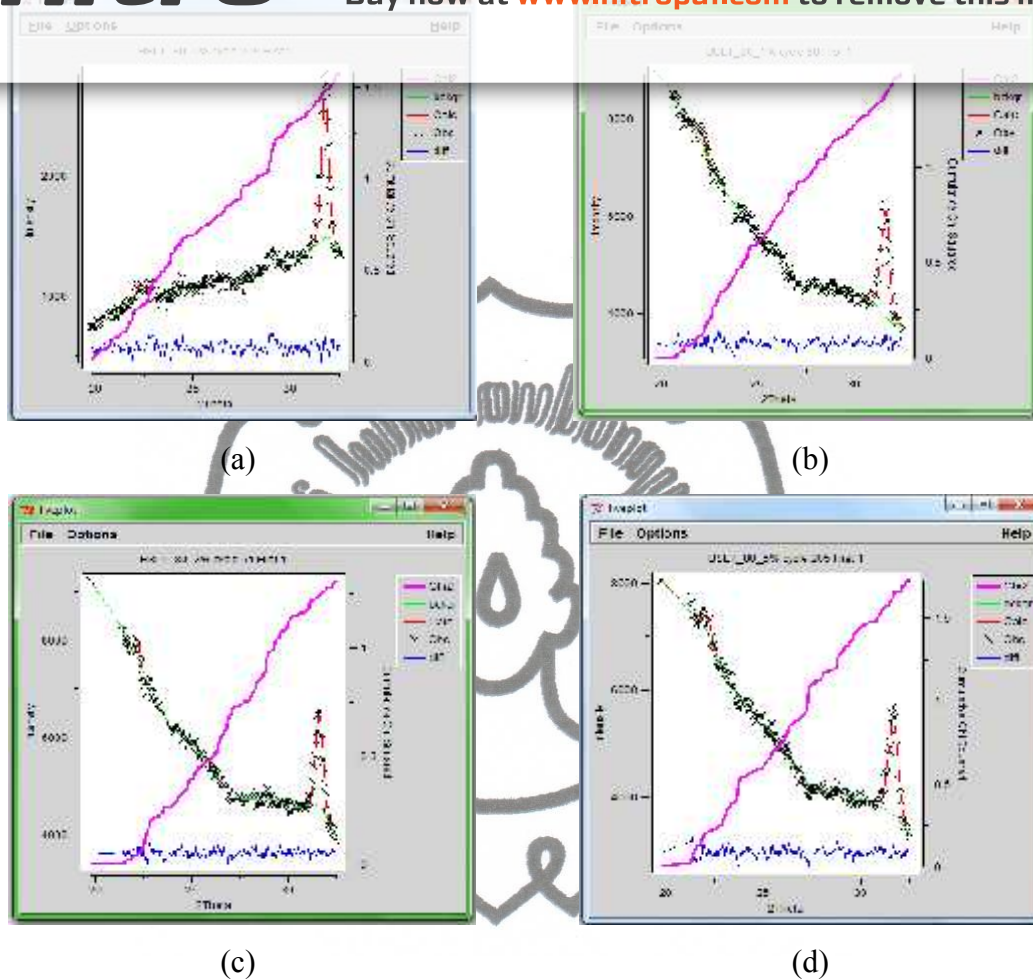
Tabel 4.5.
Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping La

| Orientasi Bidang | Sudut Difraksi | | | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
| (100) | - | 22,160 | 22,210 | 22,160 |
| (101) | 31,762 | 31,662 | 31,712 | 31,612 |

Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan ICDD data base, ternyata milik lapisan tipis BST. Dugaan ini benar setelah dilakukan penghalusan dengan *software* GSAS/EXPGUI. Hasil penghalusan menggunakan program GSAS untuk variasi % mol dopan Lantanum (La) dengan perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) 0,8:0,2 ditampilkan pada Gambar 4.7.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.7. Penghalusan Pola Difraksi
Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ Didoping La Menggunakan Program GSAS
(a) $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Nilai parameter kisi dengan hasil penghalusan program GSAS seperti pada Tabel 4.6. Parameter kisi yang didapat dari hasil penghalusan mengalami perubahan dari nilai parameter kisi awal yaitu $a = b = 3,977 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$. Secara keseluruhan, dari hasil penghalusan pola difraksi lapisan tipis BST variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr (0,8:0,2) didapatkan nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perbesaran dari parameter kisi awal, dengan nilai

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

parameter kisi a dan b lebih besar daripada nilai parameter kisi c . Dengan penambahan bahan dopan maka nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perubahan dari parameter kisi awal, hal ini dikarenakan sudut difraksi pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La ini mengalami pergeseran dari sudut difraksi BST pada ICDD yang mempunyai orientasi bidang ($h\ k\ l$) tertentu sehingga mempengaruhi jarak antar atom dalam kristal dan menyebabkan perubahan parameter kisi a , b dan c . Parameter kisi hanya mengalami perubahan yang tidak begitu signifikan pada variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr (0,8:0,2). Nilai parameter kisi yang dihasilkan dengan hasil penghalusan program GSAS menunjukkan bahwa lapisan tipis BST doping La mempunyai struktur tetragonal karena memiliki nilai parameter kisi $a = b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

Tabel 4.6. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS

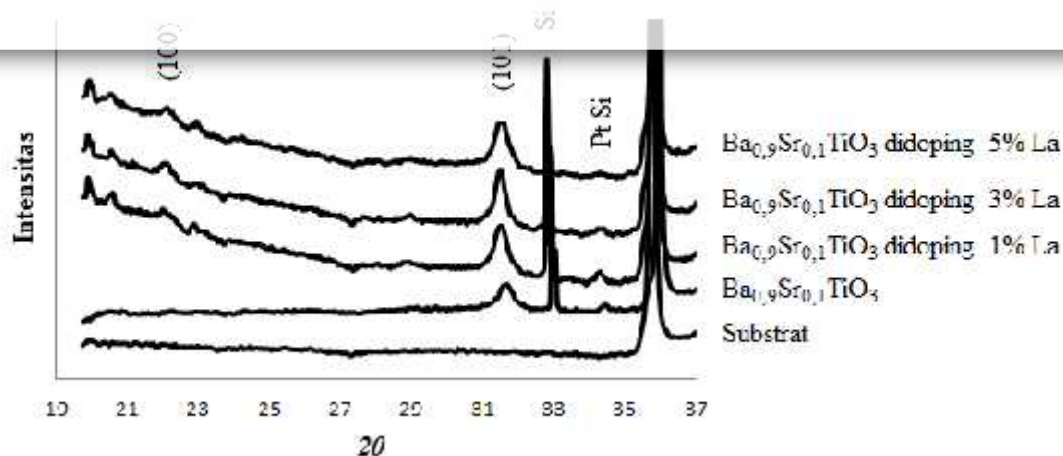
| Parameter Kisi (Å) | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
|--------------------|--|--|--|--|
| a | 3,977 | 4,008 | 3,997 | 4,003 |
| b | 3,977 | 4,008 | 3,997 | 4,003 |
| c | 3,991 | 3,989 | 4,006 | 3,988 |

4.1.4. $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)

Pada Gambar 4.8 menunjukkan pola difraksi lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,9 : 0,1. Setiap puncak yang muncul menunjukkan orientasi bidang tertentu. Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi dicocokkan dengan ICDD data base PDF # 440093 milik BST. Puncak yang telah dicocokkan dan dimiliki oleh BST yaitu pada sudut difraksi (2θ) sebesar $22,336^\circ$ dan $31,748^\circ$ yang memiliki orientasi bidang (100) dan (101).



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.8.
Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum

Pada sudut difraksi sekitar $32,802^\circ$ seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La terdapat suatu puncak Si yang mempunyai orientasi bidang (130) dengan intensitas puncak yang bertambah tinggi, namun tidak muncul pada $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La. Pada puncak pola difraksi variasi % mol dopan La mempunyai sudut difraksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7.
Sudut Difraksi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ Didoping La

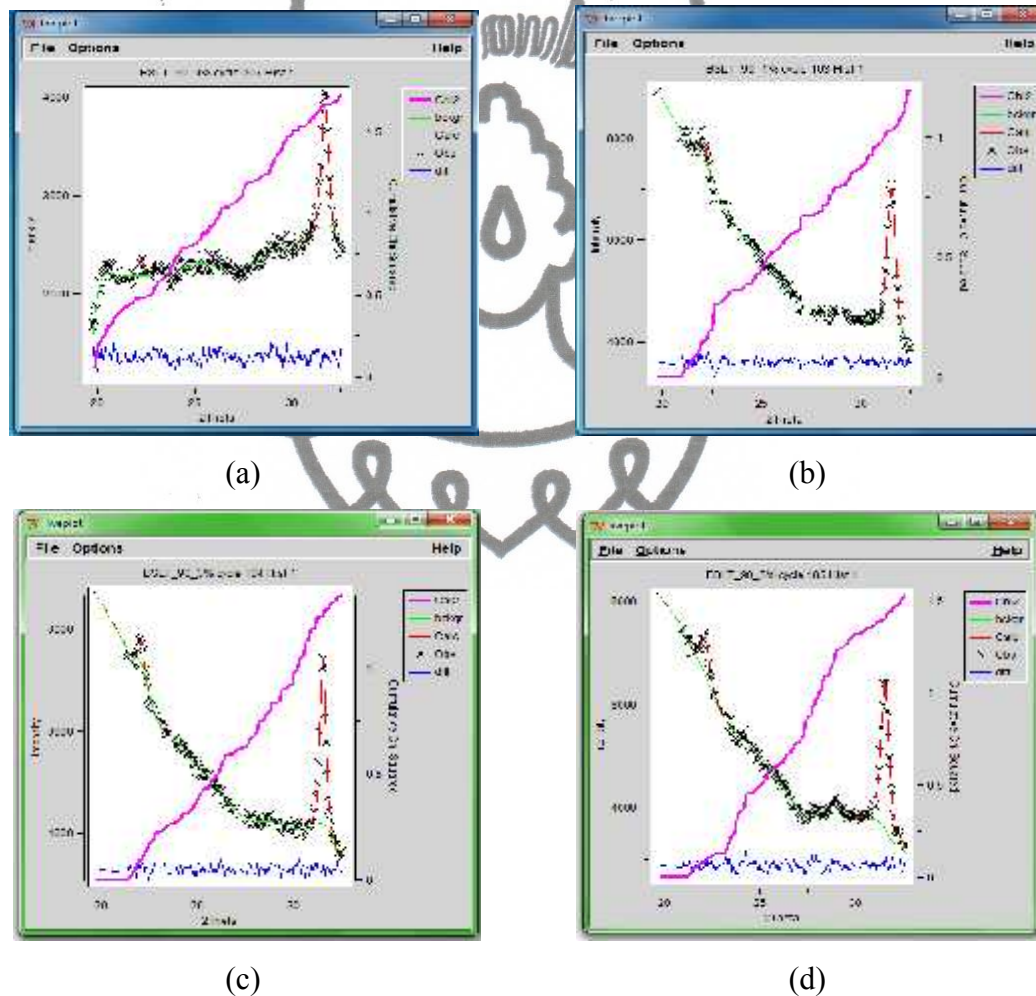
| Orientasi Bidang | Sudut Difraksi | | | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
| (100) | - | 22,010 | 22,110 | 22,160 |
| (101) | 31,712 | 31,512 | 31,562 | 31,612 |

Dari Tabel 4.7 menunjukkan pola difraksi yang sama pada setiap variasi % mol dopan La. Pada variasi tersebut, pola difraksi tidak berpengaruh terhadap orientasi bidang tertentu, akan tetapi menentukan orientasi bidang yang sama. Seiring dengan



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

bertambahnya variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr sebesar 0,9:0,1 maka sudut difraksinya bergeser ke kanan (semakin besar). Hal ini dikarenakan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) semakin kecil, sesuai dengan perumusan hukum Bragg tentang persamaan difraksi yang menyatakan bahwa sudut difraksi (θ) berbanding terbalik dengan jarak antar bidang atom dalam kristal (d) sehingga mempengaruhi nilai parameter kisinya.



Gambar 4.9. Penghalusan Pola Difraksi
Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping La Menggunakan Program GSAS
(a) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi setelah dicocokkan dengan ICDD data base, ternyata milik lapisan tipis BST. Dugaan ini benar setelah dilakukan penghalusan dengan *software* GSAS/EXPGUI. Penghalusan ini juga berfungsi untuk mendapatkan nilai parameter kisi dari lapisan tipis BST doping La. Hasil penghalusan menggunakan program GSAS untuk variasi % mol dopan Lantanum (La) dengan perbandingan komposisi mol Barium (Ba) dan Strontium (Sr) 0,9:0,1 ditampilkan pada Gambar 4.9.

Nilai parameter kisi dengan hasil penghalusan program GSAS seperti pada Tabel 4.8. Parameter kisi yang didapat dari hasil penghalusan mengalami perubahan dari nilai parameter kisi awal yaitu $a = b = 3,977 \text{ \AA}$ dan $c = 3,988 \text{ \AA}$. Secara keseluruhan, dari hasil penghalusan pola difraksi BST variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr (0,9:0,1) didapatkan nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perbesaran dari parameter kisi awal, dengan nilai parameter kisi a dan b lebih besar daripada nilai parameter kisi c .

Tabel 4.8. Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La Hasil Penghalusan Program GSAS

| Parameter Kisi (\AA) | $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ | $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La |
|---------------------------------|--|--|--|--|
| a | 3,994 | 4,023 | 4,021 | 4,012 |
| b | 3,994 | 4,023 | 4,021 | 4,012 |
| c | 4,001 | 4,002 | 4,008 | 3,993 |

Penambahan bahan dopan maka nilai parameter kisi a , b dan c mengalami perubahan dari parameter kisi awal, hal ini dikarenakan sudut difraksi pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La ini mengalami pergeseran dari sudut difraksi BST pada ICDD yang mempunyai orientasi bidang ($h k l$) tertentu sehingga mempengaruhi jarak antar atom dalam kristal dan menyebabkan perubahan parameter kisi a , b dan c . Parameter kisi hanya mengalami perubahan yang tidak

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

begitu signifikan pada variasi % mol dopan La dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr (0,9:0,1). Nilai parameter kisi yang dihasilkan dengan hasil penghalusan program GSAS menunjukkan bahwa lapisan tipis BST doping La mempunyai struktur tetragonal karena memiliki nilai parameter kisi $a = b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

4.2. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) bekerja berdasarkan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel dan informasi yang didapat kemudian diubah menjadi gambar. Karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui morfologi, ukuran butir dan ketebalan yang terbentuk pada lapisan tipis BST dan BSLT. Perbesaran yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran butir serta ketebalan masing-masing adalah 40.000 kali dan 20.000 kali.

4.2.1. Morfologi dan Ukuran Butir Lapisan Tipis

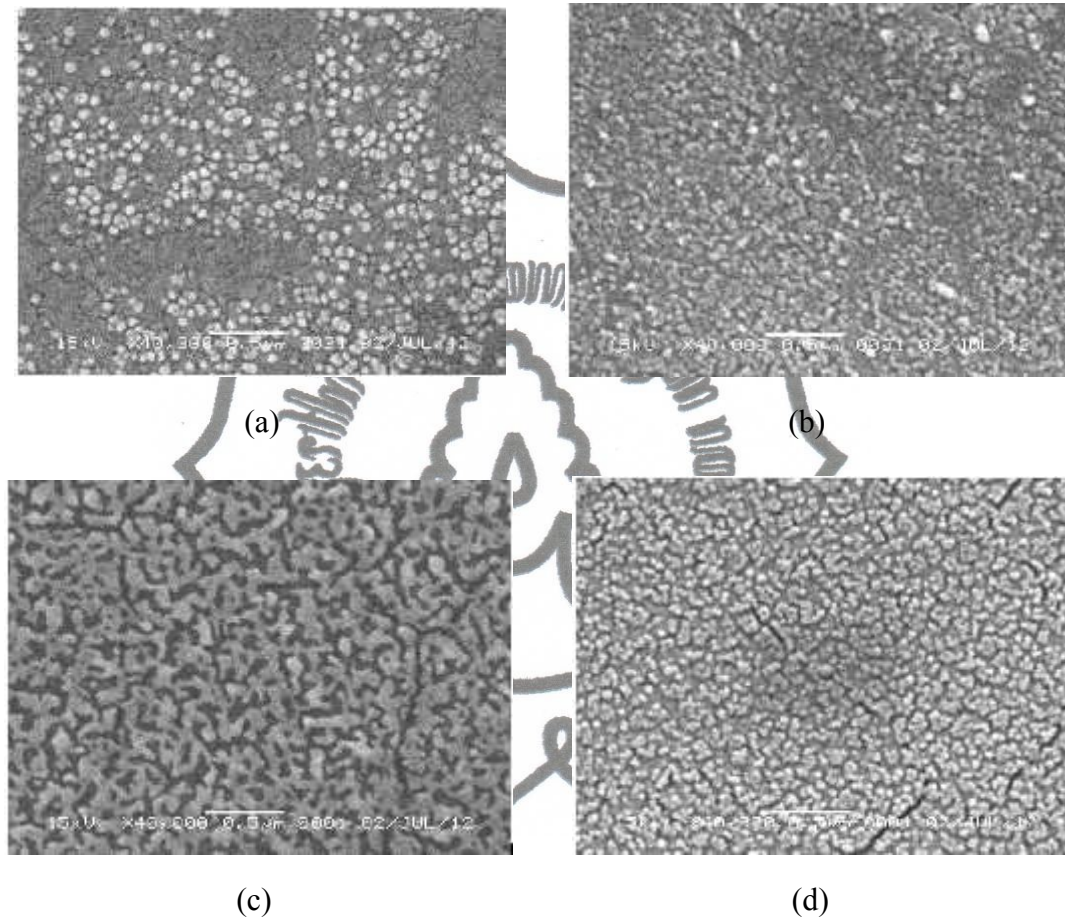
4.2.1.1. $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)

Gambar 4.10 menunjukkan foto SEM untuk morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,7:0,3. Pada Gambar 4.10 (a) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Butiran warna putih menunjukkan oksida atau pengotor. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(165,39 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(242,31 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(203,85 \pm 9,42)$ nm. Gambar 4.10 (b) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(126,92 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

didapatkan sebesar $(161,54 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(144,23 \pm 9,42)$ nm.



Gambar 4.10.
Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping La
(a) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Gambar 4.10 (c) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(107,70 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(138,46 \pm 7,69)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(123,08 \pm$

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(111,53 \pm 7,69)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(130,77 \pm 7,69)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(121,15 \pm 7,69)$ nm. Ukuran butir lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,7:0,3 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.9 yang menampilkan bahwa semakin besar % mol dopan La, maka ukuran butirnya semakin kecil.

Tabel 4.9. Ukuran Butir Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Ukuran Butir (nm) |
|---|---------------------|
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ | $(203,85 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $(144,23 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $(123,08 \pm 8,56)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | $(121,15 \pm 7,69)$ |

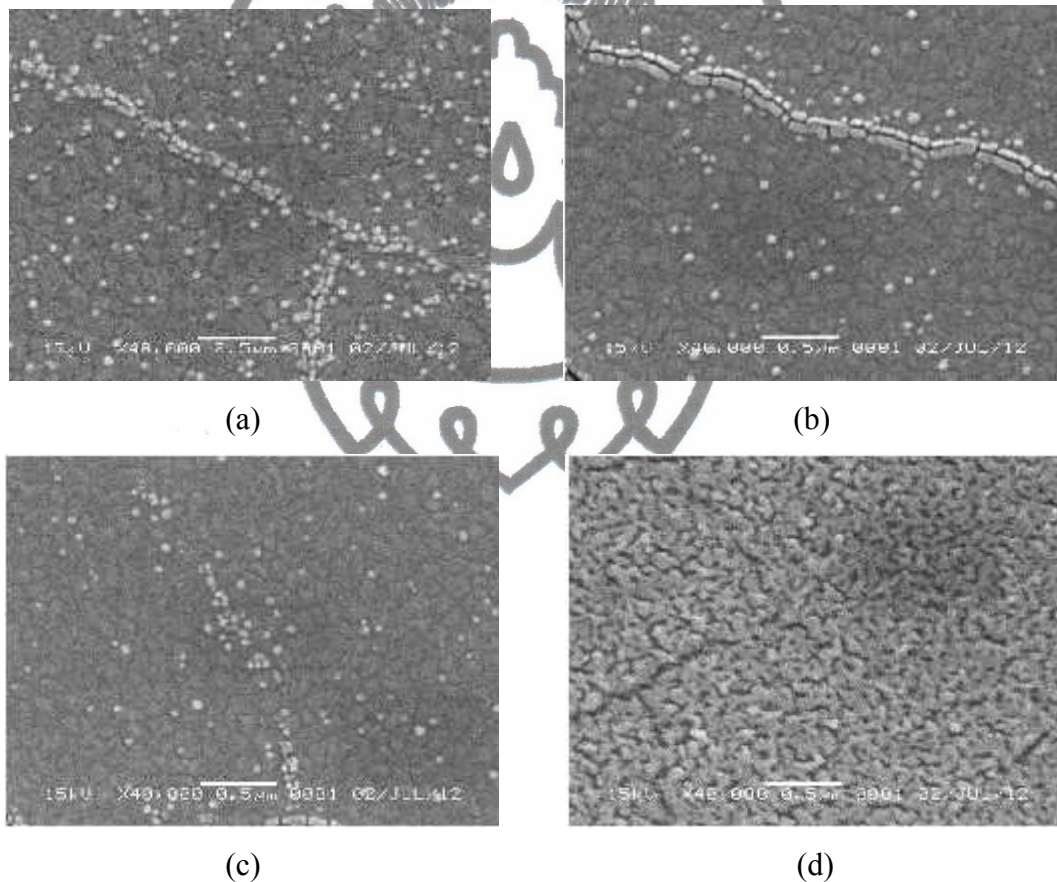
Ketika lapisan tipis BST dan BSLT dipanaskan dengan proses *annealing* yang menggunakan suhu 800°C , maka atom-atom akan bergetar yang menyebabkan energi termal. Gaya pendorong untuk pertumbuhan butir ialah energi yang dilepaskan sewaktu atom melintasi batas butir dari arah butir dengan permukaan cembung ke permukaan cekung. Disini, atom rata-rata berkoordinir dengan sejumlah atom tetangga yang lebih banyak pada jarak antar atom kesetimbangan. Hasilnya, batas butir akan bergerak ke pusat garis lengkung karena butir yang kecil cenderung untuk mempunyai permukaan yang lebih cembung dibandingkan dengan butiran yang besar, mereka akan lenyap dan termakan oleh butiran yang besar. Hasil akhirnya adalah pertumbuhan butir. Laju pertumbuhan butir jika dikaitkan dengan ketebalan



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

lapisan, yang mana ketika lapisan tipis dipanaskan maka akan menyebabkan energi getaran termal. Semakin tipis lapisan maka akan mempercepat difusi atom melalui batas butir, dari butiran yang kecil menuju butiran yang besar. Dengan demikian semakin tebal lapisan, maka akan memperlambat atau menghambat pergerakan batas butir, sehingga seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan Lantanum maka ukuran butirnya menjadi semakin kecil.

4.2.1.2. $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)



Gambar 4.11.

Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping La

- (a) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Gambar 4.11 menunjukkan foto SEM untuk morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%,

3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,8:0,2.

Pada Gambar 4.10 (a) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ menunjukkan

menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak

homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil

didapatkan sebesar $(180,77 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar

$(223,08 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(201,92 \pm$

$9,42)$ nm. Gambar 4.11 (b) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La

menunjukkan menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran

butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir

kecil didapatkan sebesar $(161,54 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar

$(223,08 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(192,31 \pm$

$9,42)$ nm.

Gambar 4.11 (c) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La

menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak

homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil

didapatkan sebesar $(161,54 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar

$(180,77 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(171,15 \pm$

$9,42)$ nm. Gambar 4.11 (d) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak

homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat terlihat jelas. Ukuran butir kecil

didapatkan sebesar $(142,31 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar

$(161,54 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(151,92 \pm$

$9,42)$ nm. Ukuran butir lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi

perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan

komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,8:0,2 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.10

yang menampilkan bahwa semakin besar % mol dopan La, maka ukuran butirnya

semakin kecil.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

Tabel 4.10. Ukuran Butir Lapisan Tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$
Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Ukuran Butir (nm) |
|--|---------------------|
| $Ba_{0,8}Sr_{0,1}TiO_3$ | $(201,92 \pm 9,42)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 1% La | $(192,31 \pm 9,42)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 3% La | $(171,15 \pm 9,42)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 5% La | $(151,92 \pm 9,42)$ |

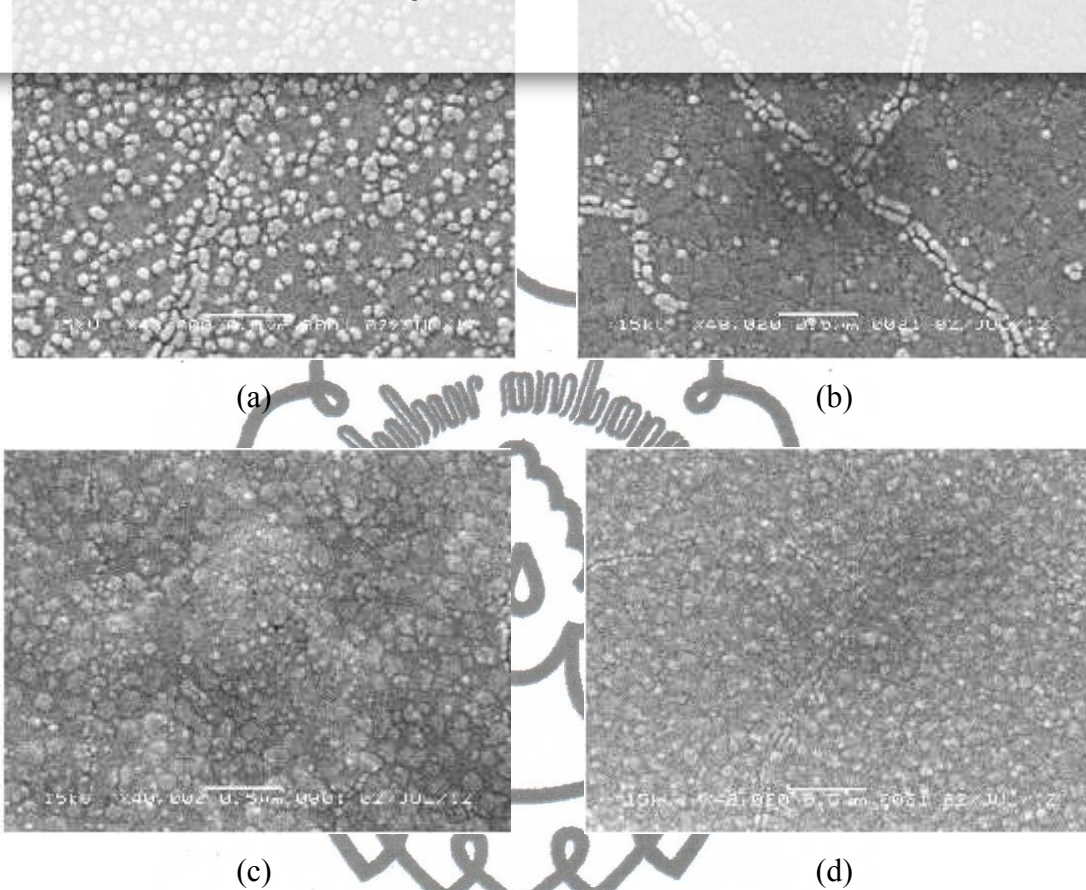
4.2.1.3. $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ Didoping Lantanum (La)

Gambar 4.12 menunjukkan foto SEM untuk morfologi permukaan lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,9:0,1. Pada Gambar 4.12 (a) foto SEM lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(276,92 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(319,23 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(298,08 \pm 9,42)$ nm.

Gambar 4.12 (b) foto SEM lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 1% La menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(219,23 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(257,69 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(238,46 \pm 9,42)$ nm. Gambar 4.12 (c) foto SEM lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 3% La menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(146,15 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(184,62 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(165,38 \pm 9,42)$ nm.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.12.

Foto SEM Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping La

- (a) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Gambar 4.12 (d) foto SEM lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan tipis terlihat ukuran butir tidak homogen, jarak antar butir dan ukuran butir terlihat jelas. Ukuran butir kecil didapatkan sebesar $(126,92 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir besar didapatkan sebesar $(142,31 \pm 9,42)$ nm. Sehingga didapatkan ukuran butir rata-rata sebesar $(134,62 \pm 9,42)$ nm. Ukuran butir lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,9:0,1 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.11 yang menampilkan bahwa semakin besar % mol dopan La, maka ukuran butirnya semakin kecil.

Tabel 4.11. Ukuran Butir Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Ukuran Butir (nm) |
|---|---------------------|
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ | $(298,08 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $(238,46 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $(165,38 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | $(134,62 \pm 9,42)$ |

4.2.2. Ketebalan Lapisan Tipis

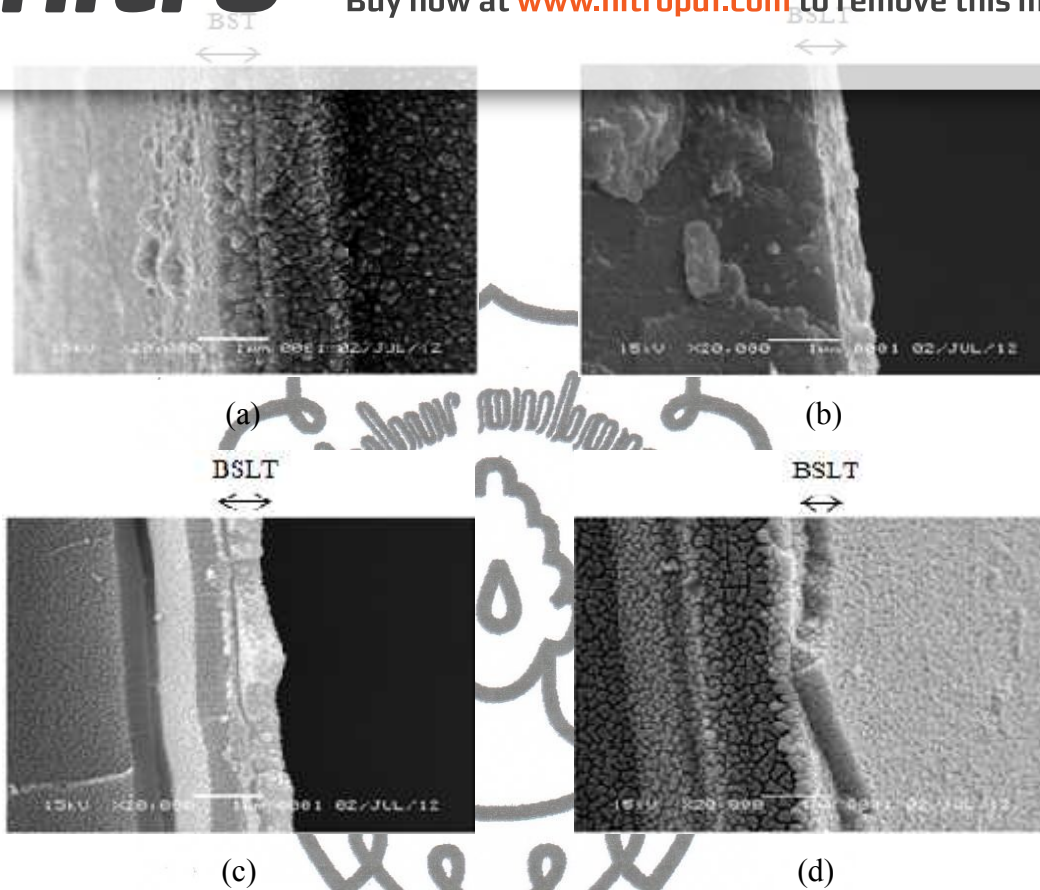
4.2.2.1. $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)

Gambar 4.13 menunjukkan tampang lintang lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,7:0,3. Terlihat bahwa lapisan tipis BST dan BSLT terdeposisi di atas substrat Pt/Si.

Pada Tabel 4.12 menampilkan ketebalan lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dan $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ variasi % mol dopan La. Terlihat bahwa lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ mempunyai ketebalan paling besar. Pada karakterisasi SEM EDX dapat diketahui bahwa komposisi unsur-unsur pembentuk lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La mengalami penurunan pada unsur Ti dan Ba sehingga unsur Ti dan Ba yang terdeposisi pada substrat lebih sedikit, namun tidak signifikan pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, pada unsur Sr dan La mengalami kenaikan sehingga unsur Sr dan La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak. Oleh karena itu, seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, maka ketebalan lapisan tipis semakin bertambah, namun tidak signifikan pada $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.13.

Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping La

- (a) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Tabel 4.12. Ketebalan Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La

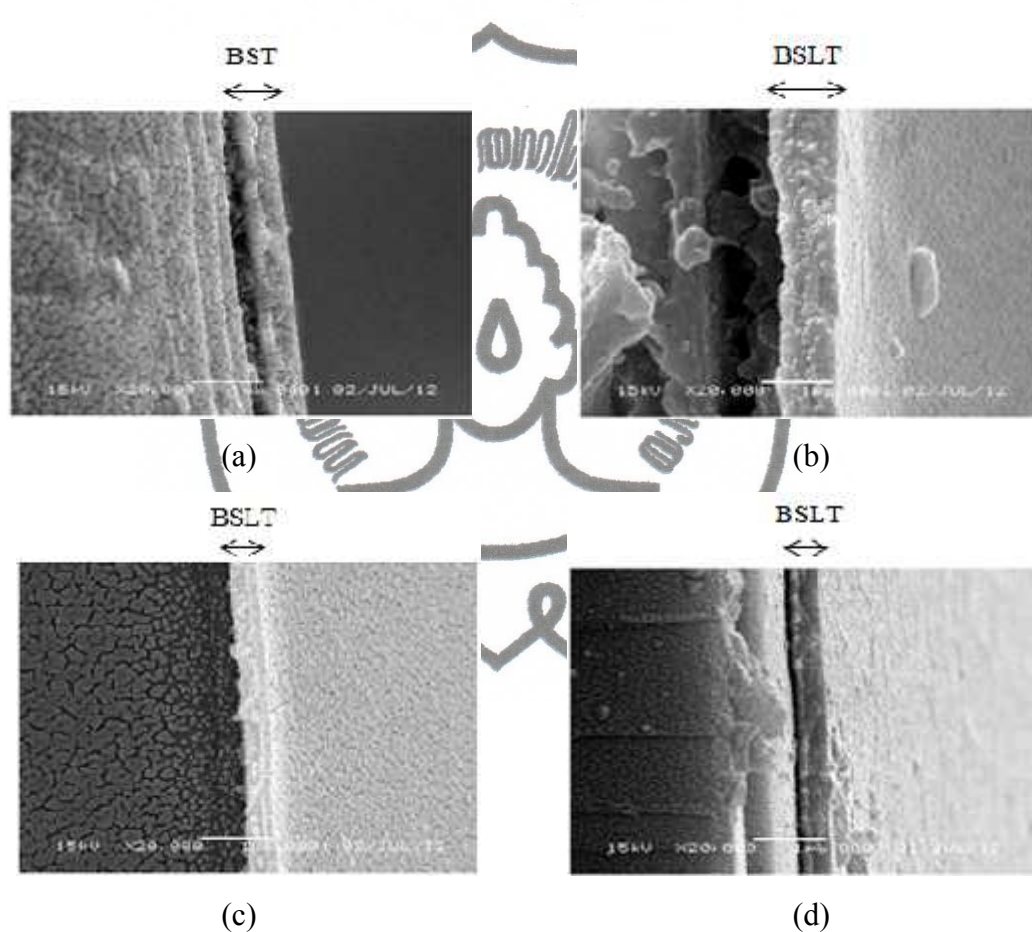
| Variasi % mol dopan La | Ketebalan (nm) |
|---|---------------------|
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ | $(353,85 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $(219,23 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $(238,46 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | $(223,08 \pm 9,42)$ |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

4.2.2.2. $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping Lanthanum (La)

Gambar 4.14 menunjukkan tampang lintang $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,8:0,2. Terlihat bahwa lapisan tipis BST dan BSLT terdeposisi di atas substrat Pt/Si.



Gambar 4.14.
Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ Didoping La
(a) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Pada Tabel 4.13 menampilkan ketebalan lapisan tipis $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dan $\text{Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La. Pada karakterisasi SEM EDX dapat diketahui bahwa semakin banyaknya variasi % mol dopan La maka komposisi unsur-

commit to user



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

unsur pembentuk lapisan tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ mengalami kenaikan pada unsur La sehingga unsur La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak dan pada unsur Ti dan mayoritas mengalami penurunan pada unsur Ti dan Ba serta unsur Sr sehingga unsur Ti, Ba dan Sr yang terdeposisi pada substrat lebih sedikit. Oleh karena itu, seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, maka ketebalan lapisan tipis semakin berkurang.

Tabel 4.13. Ketebalan Lapisan Tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$
Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Ketebalan (nm) |
|--|----------------------|
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ | $(276,92 \pm 9,42)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 1% La | $(407,69 \pm 14,39)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 3% La | $(215,38 \pm 14,39)$ |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 5% La | $(209,62 \pm 9,42)$ |

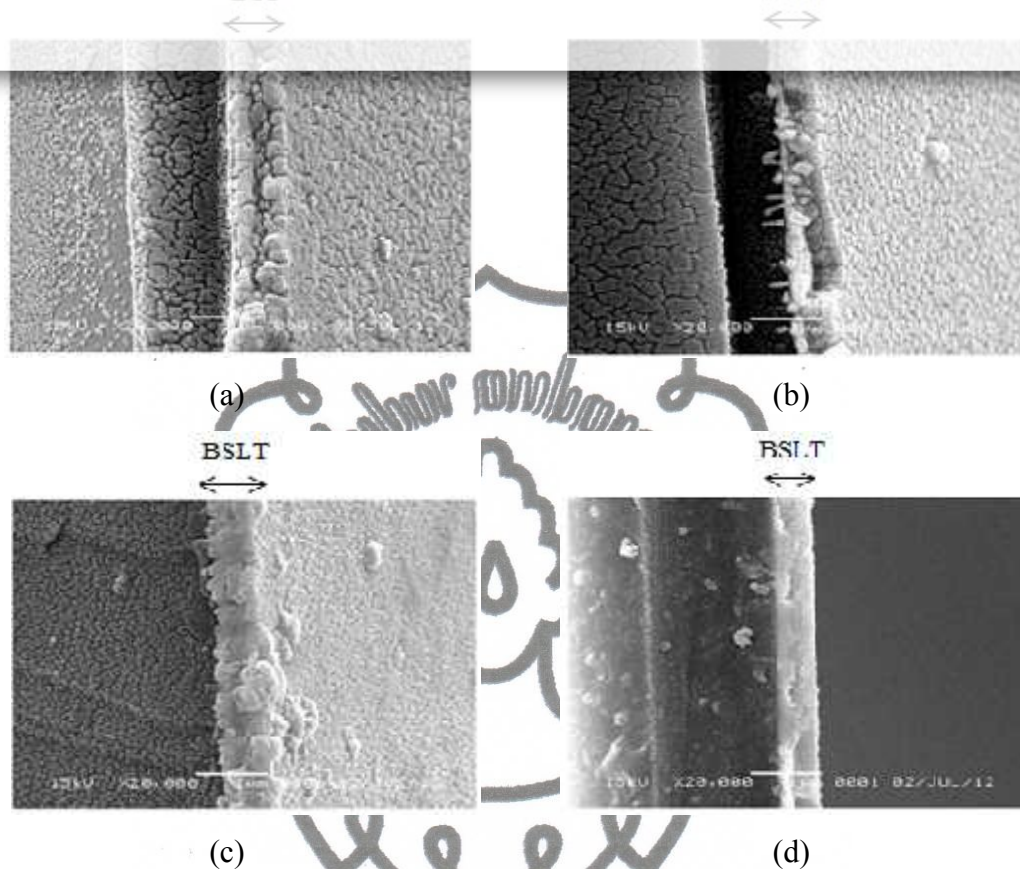
4.2.2.3. $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ Didoping Lantanum (La)

Gambar 4.15 menunjukkan tampang lintang lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ dan BST dengan variasi perbandingan % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5% dengan perbandingan komposisi mol Ba dan Sr yaitu sebesar 0,9:0,1. Pada Tabel 4.14 menampilkan ketebalan lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ dengan variasi % mol dopan Lantanum.

Pada karakterisasi SEM EDX dapat diketahui bahwa lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 3% La, unsur Ti, Ba dan La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak daripada $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 1% La dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 5% La, sehingga lapisan tipis $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 3% La mempunyai ketebalan yang lebih besar daripada $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 1% La dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}TiO_3$ didoping 5% La.



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message



Gambar 4.15.

Tampang Lintang Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping La

- (a) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La
(c) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La (d) $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La

Tabel 4.14. Ketebalan Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$
Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Ketebalan (nm) |
|---|---------------------|
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ | $(392,31 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | $(296,15 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | $(319,23 \pm 9,42)$ |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | $(280,77 \pm 9,42)$ |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

4.3. Karakterisasi Komposisi menggunakan Energy Dispersive X-Ray (EDX)

4.3.1. $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)

Komposisi penyusun lapisan tipis BSLT dapat diketahui dengan karakterisasi SEM yang dilengkapi dengan EDX. Pada Tabel 4.15 menunjukkan unsur-unsur pembentuk lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5%.

Hasil karakterisasi SEM EDX dapat diketahui perbandingan persentase unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT. Semakin banyak variasi % mol dopan La maka komposisi unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT mengalami penurunan pada unsur Ti dan Ba, namun tidak signifikan pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, pada unsur Sr dan La mengalami kenaikan. Pada Si dan Pt, seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La masing-masing mengalami kenaikan dan penurunan, namun tidak signifikan pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La.

Tabel 4.15. Hasil EDX (At %)
Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Komposisi Unsur Penyusun | | | | | |
|---|--------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | Si | Ti | Sr | Ba | La | Pt |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | 8,42 | 34,21 | 5,40 | 23,32 | 0,22 | 28,44 |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | 9,25 | 30,60 | 7,77 | 20,43 | 2,00 | 29,95 |
| $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | 8,67 | 34 | 7,92 | 20,49 | 2,67 | 26,25 |

Pada foto SEM tampang lintang lapisan tipis $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 5% La mempunyai ketebalan yang lebih besar daripada $\text{Ba}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{TiO}_3$ didoping 1% La yang berarti bahwa seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La maka unsur Sr dan La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak dan unsur Ti dan Ba yang terdeposisi pada substrat lebih sedikit, namun tidak signifikan pada foto SEM



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

$Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO_3$ didoping 3% La yang terlihat morfologinya tidak rata, jarak antar butir tidak terlihat jelas dan ukuran butir tidak homogen sehingga tidak dapat diukur.

4.3.2. $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ Didoping Lantanum (La)

Pada Tabel 4.16 menunjukkan unsur-unsur pembentuk lapisan tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ dengan variasi % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5%. Hasil karakterisasi SEM EDX dapat diketahui perbandingan persentase unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT.

Semakin banyaknya variasi % mol dopan La maka komposisi unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT mengalami kenaikan pada unsur La dan substrat Si serta pada substrat Pt, namun tidak signifikan pada lapisan tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 3% La. Seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, mayoritas mengalami penurunan pada unsur Ti dan Ba serta unsur Sr. Hal ini disebabkan pada foto SEM tampak lintang lapisan tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$, seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, maka ketebalan lapisan tipis semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La maka unsur La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak dan unsur Ti, Ba dan Sr yang terdeposisi pada substrat lebih sedikit.

Tabel 4.16. Hasil EDX (At %)
Lapisan Tipis $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Komposisi Unsur Penyusun | | | | | |
|--|--------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | Si | Ti | Sr | Ba | La | Pt |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 1% La | 8,57 | 31,76 | 5,67 | 22,60 | 0,53 | 30,86 |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 3% La | 10,31 | 28,39 | 3,99 | 21,90 | 1,36 | 34,06 |
| $Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$ didoping 5% La | 13,31 | 26,78 | 4,08 | 20,21 | 2,04 | 33,58 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

4.5.3. $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Didoping Lantanum (La)

Pada Tabel 4.17 menunjukkan unsur-unsur pembentuk lapisan tipis

$\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ dengan variasi % mol dopan La sebesar 1%, 3% dan 5%. Dari hasil karakterisasi SEM EDX dapat diketahui perbandingan persentase unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT.

Semakin banyaknya variasi % mol dopan La maka komposisi unsur-unsur pembentuk lapisan tipis BSLT mengalami kenaikan pada unsur Si, Ti, Ba dan La namun tidak signifikan pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Seiring dengan bertambahnya variasi % mol dopan La, pada unsur Sr dan Pt mengalami penurunan, namun tidak signifikan pada lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La. Pada foto SEM tampak lintang lapisan tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La mempunyai ketebalan yang lebih besar daripada $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La dan $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La. Oleh karena itu, pada $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La, unsur Si, Ti, Ba dan La yang terdeposisi pada substrat lebih banyak daripada $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La dan $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La.

Tabel 4.17. Hasil EDX (At %)
Lapisan Tipis $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ Variasi % mol dopan La

| Variasi % mol dopan La | Komposisi Unsur Penyusun | | | | | |
|---|--------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | Si | Ti | Sr | Ba | La | Pt |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 1% La | 7,92 | 32,59 | 2,56 | 26,67 | 0,51 | 29,75 |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 3% La | 6,55 | 37,32 | 2,68 | 27,56 | 1,46 | 24,43 |
| $\text{Ba}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{TiO}_3$ didoping 5% La | 8,74 | 32,76 | 2,24 | 27,84 | 0,96 | 27,46 |



This file was edited using the trial version of Nitro Pro 7
Buy now at www.nitropdf.com to remove this message

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, telah terbentuk lapisan tipis $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ ($x = 0,1 ; 0,2$ dan $0,3$) dan penambahan % mol dopan La (1%, 3% dan 5%) telah terbentuk kristal BSLT ($(\text{Ba}_{1-x-0,5y}\text{Sr}_{x-0,5y}\text{La}_y\text{TiO}_3)$) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Seiring dengan bertambahnya komposisi mol Ba dan variasi % mol dopan La maka sudut difraksinya bergeser sehingga mempengaruhi jarak antar atom dalam kristal dan nilai parameter kisi a , b dan c yang mengalami perubahan dari parameter kisi awal.
2. Semakin besar variasi komposisi mol Ba dan variasi % mol dopan La tidak mempengaruhi ketebalan lapisan tipis, akan tetapi ukuran butirnya semakin kecil.
3. Secara keseluruhan, hasil karakterisasi SEM EDX menunjukkan bahwa semakin meningkat variasi % mol dopan La maka komposisi unsur La semakin bertambah.

5.2. Saran

Pada penelitian ini masih diperlukan penambahan parameter-parameter dalam penelitiannya, maka saran untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penumbuhan lapisan tipis BST doping Lantanum (BSLT) dengan menggunakan metode *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD), *Pulsed Laser Deposition* (PLD) atau *Radio-Frequency Magnetron Sputtering* agar diketahui perbandingannya ketika menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dalam penelitian ini serta perlu dilakukan uji listrik kurva *histerisis* dengan menggunakan Elektrometer Keithley untuk mengetahui nilai polarisasinya.