

IPTEK TERAPAN

**LAPORAN PENELITIAN
HIBAH BERSAING PERGURUAN TINGGI**



MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
DITERIMA TGL : 09-3-2019
SUMBER/HARGA : Ud
KOLEKSI : U1
NO. INVENTARIS : 536 (hd/2014-e.1(c))
KLASIFIKASI :

**EFEK METODE *ANNEALING* TERHADAP SIFAT FISIK
DAN SIFAT LISTRIK FILM TIPIS $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$
YANG DIDEPOSISI DENGAN TEKNIK CSD
MENGUNAKAN *SPIN COATING***

Peneliti

Dra. Yenni Darvina, M.Si
Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si

**DIDANAI OLEH DP2M
SURAT PERJANJIAN NO: APHB -134/H35.2/KU/2007**

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

OKTOBER 2007

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

HALAMAN PENGESAHAN

- 1. Judul** : **Efek Metode *Annealing* Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Listrik Film Tipis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ Yang Dideposisi Dengan Teknik CSD Menggunakan *Spin Coating***
- 2. Ketua Peneliti**
- a. Nama : Dra. Yenni Darvina, M.Si
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 131851525
 - d. Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Fisika Material
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - f. Pangkat/Golongan : Pembina/IVa
 - g. Fakultas/Jurusan : FMIPA/Fisika
 - h. Pusat Penelitian : UNP Padang
 - i. Alamat Kantor : Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang
 - j. Telpon/Faks : 0751-7058772
 - k. Alamat rumah : Jl. BAKTI ABRI No 32A RT01 RW I,
Kel. Batang Kabung Ganting, Kec. Koto
Tengah Padang 25172
 - l. Telpon/Faks/E-mail : 081363292084 / 07517058772
ydarvina @ yahoo.com
- 3. Jangka Waktu Penelitian** : **2 (dua) tahun**
- 4. Pembiayaan**
- a. Jumlah Biaya yang diajukan ke DIKTI : Rp. 100.000.000,00 (seratus juta rupiah)
 - b. Jumlah biaya tahun ke 1 (satu) : Rp. 50.000.000,00
Biaya tahun ke 2 yang diajukan ke Dikti: Rp. 50.000.000,00
Biaya dari instansi lain : tidak ada



Mengetahui
Dekan FMIPA UNP Padang

Drs. H. Astrul, M.A.
Nip: 130526481

Padang, Oktober 2007
Ketua Tim Peneliti

Dra. Yenni Darvina, M.Si
Nip: 131851525

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang

Prof. Dr. Anas Yasin, M.A.
Nip: 130365634

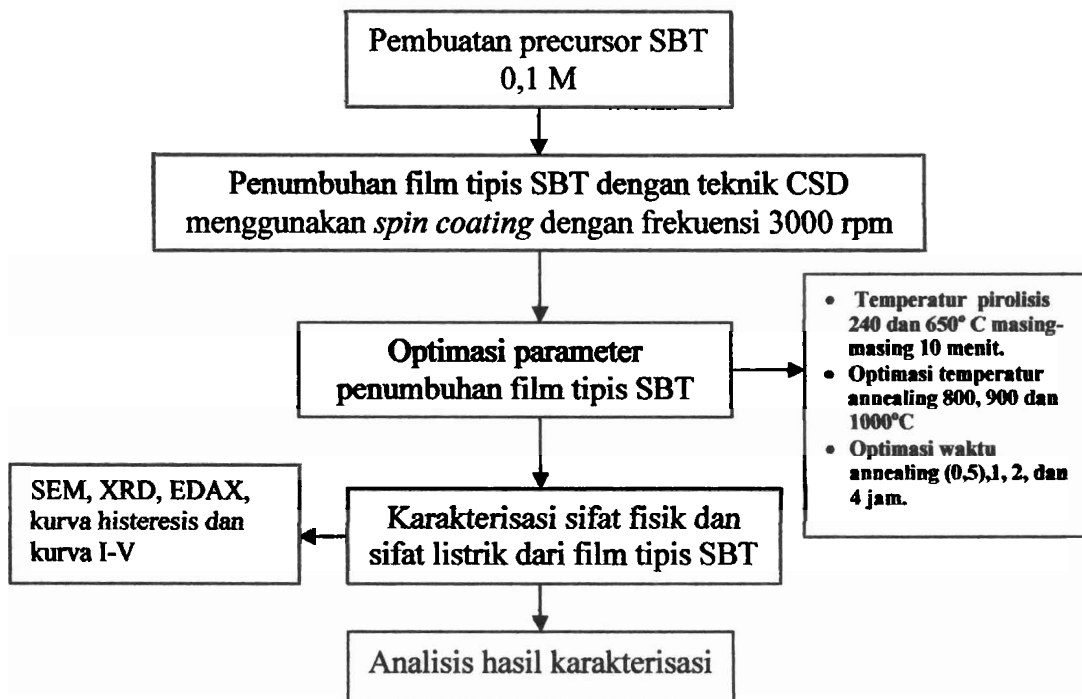
RINGKASAN

Telah ditumbuhkan film tipis SBT dengan metode *Cemical Solution Deposition* (CSD) menggunakan peralatan *Spin Coating*, dengan parameter penumbuhan sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter penumbuhan film tipis SBT

No	Jenis Parameter	Besar Parameter
1	Konsentrasi prekursor:	0.1 M
2	Struktur film tipis:	MFM dan MFS
3	Putaran <i>Spin Coating</i> :	3000 rpm,
4	Temperatur <i>annealing</i> :	800, 900 dan 1000°C, 1jam
5	Pra pemanasan (pirolisis) film tipis SBT	240°C dan 650 °C, masing-masing 10 menit
6	Lingkungan <i>annealing</i>	Udara luar (lingkungan atmosfer)
7	Kenaikan suhu <i>annealing</i>	4°C / menit
8	Penurunan suhu <i>annealing</i>	Alamiah

Dengan langkah penelitian seperti Gambar 1.



Gambar 1. Langkah penelitian untuk film tipis SBT

Tujuan penelitian pada tahun I adalah untuk mempelajari:

1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
2. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
3. Efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT.
4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V.
5. Berapakah temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini.

Berdasarkan pada tujuan penelitian tahun I yang telah ditetapkan, diperoleh hasil penelitian sebagai berikut:

1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating* adalah sebagai berikut:
 - a. Penggunaan udara luar (lingkungan atmosfer) dapat digunakan dalam penumbuhan film tipis SBT sebagai pengganti aliran Oksigen dengan jumlah tertentu. Hal ini terlihat berupa jumlah kandungan Oksigen pada film tipis SBT tidak terlalu berbeda dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005)
 - b. Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar, mempengaruhi ukuran butir dan porositas film tipis SBT yang ditumbuhkan. Makin tinggi temperatur *annealing* maka ukuran butir dan porositas film tipis SBT semakin meningkat.
 - c. Variasi temperatur *annealing* tidak mempengaruhi ketebalan film, sebab ketebalan film ditentukan oleh keadaan awal pembuatan film (sebelum *diannealing*), yaitu diputar menggunakan frekuensi putar *spin coating* yang sama sebesar 3000 rpm.
 - d. Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar tidak mempengaruhi *interface* antara film dan substrat, sebab *interface* dipengaruhi oleh kesesuaian antara konstanta kisi dari film dengan substrat. Dalam penelitian ini semua film memiliki *interface* yang baik, sebab ukuran konstanta kisi dari film bersesuaian dengan substrat yaitu sekitar 5,3 Å.
2. Secara umum variasi waktu *annealing* mempengaruhi sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT. Sebab sifat listrik berkaitan dengan sifat fisik bahan. Gerakan atom atau molekul selama proses *annealing* mempengaruhi pembentukan kristal. Pembentukan kristal akan mempengaruhi polarisasi bahan SBT sekaligus mempengaruhi kapasitansi kapasitor yang diukur. Selanjutnya juga akan mempengaruhi konstanta dielektrik SBT. Secara lebih rinci efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik film tipis SBT dapat dilihat pada bagian berikut:

- a. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik film tipis SBT dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - Semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin tinggi.
 - Waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan tidak mempengaruhi ketebalan film.
 - Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis bidang kristalnya. Bidang kristal yang muncul adalah (115), (200) dan (0010)
 - Konstanta kisi yang paling mendekati harga pada data base adalah pada waktu *annealing* 1 jam yaitu $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$. (Harga konstanta kisi dari data base adalah $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$). Harga konstanta kisi a dan c sangat mendekati data base, namun b lebih kecil dari data base SBT.
 - b. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat listrik film tipis SBT adalah:
 - Kurva histeresis yang terbentuk sudah memiliki jendela histeresis yang besar, hal ini menandakan bahwa film tipis SBT memiliki sifat ferroelektrik.
 - Semua kurva histeresis yang dihasilkan bentuknya tidak sempurna. Penyebab diperkirakan antara lain berasal dari struktur devais yang digunakan. Seharusnya devaisnya berbentuk struktur berlapis metal-ferroelektrik-metal MFM (seperti gambar 4.3^a). Namun karena keterbatasan alat, di mana furnace yang digunakan mengalami kerusakan saat penelitian berlangsung, maka bentuk struktur devais yang diperlukan tidak dapat dibuat. Sehingga dimodifikasi (seperti gambar 4.3^b). Kelemahannya adalah arus yang ingin melewati bahan ferroelektrik harus pula melewati substrat silicon untuk dapat mencapai elektroda berikutnya. Sehingga respon bahan terhadap medan luar yang diberikan mengalami keterlambatan.
 - Konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) dapat dicari melalui data kurva histeresis. Harga K_{SBT} berturut-turut untuk waktu *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam adalah (-4,85), (113,04), (59,63) dan (49,19). Harga K_{SBT} terbesar diperoleh pada temperatur *annealing* 900°C dengan waktu *annealing* 1 jam yaitu 113,04. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) konstanta dielektrik SBT adalah 66,44, maka yang didapatkan sekarang lebih tinggi dari sebelumnya.
3. Efek penggunaan substrat Silicon tipe-p (100) menyebabkan jumlah bidang kristal film tipis SBT lebih sedikit bila dibandingkan dengan penggunaan substrat Silicon tipe-p (111).
 4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V adalah:
 - a. Dari kurva I-V diketahui efek penggunaan metalisasi Ag yaitu film SBT memiliki tegangan barrier sekitar 1,5 sampai dengan 2,5 volt.

- b. Hubungan antara arus dengan tegangan tidak linier. Hal ini menunjukkan hubungan antara logam Ag dengan film tipis SBT, bukan merupakan kontak ohmik.
 - c. Kebocoran arus terkecil terjadi pada film SBT yang di *annealing* selama 1 jam. Namun harga ini masih tergolong besar sebab persyaratan kebocoran arus yang dibolehkan adalah 10^{-7} A untuk ketebalan 200 nm.
5. Dari optimasi temperatur dan waktu *annealing* untuk film tipis SBT didapatkan sifat fisik dan sifat listrik yang terbaik pada temperatur *annealing* 900°C dengan waktu *annealing* sebesar 1 jam. Jadi pada penelitian ini didapatkan temperatur *annealing* optimum 900°C dengan waktu *annealing* optimum sebesar 1 jam. Untuk kondisi ini diperoleh ukuran butir 0,1 – 0,2 μm , ketebalan film 0,2 μm , *interface* yang baik antara film dengan substrat. Konstanta kisi adalah $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$ dan konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) (113,04).

Dari kelemahan yang didapatkan pada penelitian ini maka untuk mendapatkan film tipis SBT yang lebih optimal disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan optimasi penggunaan logam sebagai kontak seperti Cu, Al dan Ag, sebab dari yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan Au (2005) dan Ag (2007) diperoleh kelemahan yaitu Au tidak dapat melekat dengan kuat pada devais, sedangkan Ag tidak merupakan kontak ohmik.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh struktur devais terhadap bentuk kurva histeresis yang dihasilkan.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang dayatahan precursor, sebab dari penelitian sebelumnya didapatkan bahwa film yang ditumbuhkan tidak stoikiometri dengan prekursoranya (persentase kandungan unsur pembentuk film tidak sama dengan prekursoranya). Untuk itu perlu dilakukan 2 hal yaitu upaya untuk mengurangi jumlah kandungan oksigen dalam film dan upaya untuk mendeteksi keberadaan Sr.
4. Melakukan variasi komposisi bahan film tipis SBT dengan menggunakan berbagai bahan tambahan (doping) untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang dihasilkan.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas dengan surat perjanjian kerja Nomor : 024/SP2H/PP/DP2M/III/2007 Tanggal 29 Maret 2007, dengan judul *Efek Metode Annealing Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Listrik Film Tipis SrBi2Ta2O9 Yang Dideposisi Dengan Teknik CSD Menggunakan Spin Coating*

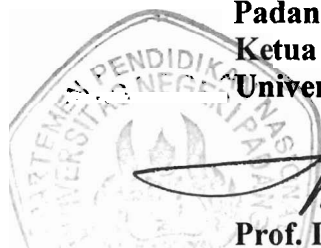
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Oktober 2007
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



Prof. Dr.H. Anas Yasin, M.A.
NIP. 130365634

DAFTAR ISI

LAPORAN PENELITIAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Tujuan Penelitian Tahun I	4
C. Manfaat Penelitian	5
D. Target/indikator Keberhasilan Tahun I	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Bahan Ferroelektrik	7
B. Struktur Kristal Dari SBT	8
C. Kegunaan Film Tipis SBT	9
D. Film Tipis Ferroelektrik Dari Proses Solgel	10
E. Pengaruh Metode Annealing Terhadap Sifat Bahan Ferroelektrik.....	12
F. Sifat Fisik Bahan Ferroelektrik	15
G. Sifat Listrik Bahan Ferroelektrik	18
1. Kurva Histeresis Bahan Ferroelektrik	18
2. Kapasitansi Kapasitor dan konstanta dielektrik	20
3. Kebocoran Arus pada Film Tipis	21
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
A. Tujuan Penelitian	22
1. Tujuan Jangka Pendek	22
2. Tujuan Jangka Menengah	23

3. Tujuan Jangka Panjang	23
B. Manfaat Penelitian	23
BAB IV. METODE PENELITIAN	
A. Sintesis Precursor	25
B. Penumbuhan Film Tipis SBT dengan Teknik CSD	26
1. Pra Penumbuhan	26
2. Penumbuhan Film Tipis SBT	27
C. Optimasi Parameter Penumbuhan	28
1. Optimasi Temperatur <i>Annealing</i>	28
2. Optimasi Waktu <i>Annealing</i>	29
D. Melakukan Karakterisasi	29
1. Karakterisasi Sifat Fisik Film Tipis SBT	29
2. Karakterisasi Sifat Listrik Film Tipis SBT	30
E. Analisis Hasil Penelitian	32
1. Analisis Sifat Fisik film tipis SBT	32
2. Analisis Sifat Listrik Film Tipis SBT	33
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Hasil Penelitian	35
1. Optimasi Temperatur <i>Annealing</i>	35
2. Optimasi Waktu <i>Annealing</i>	38
B. Pembahasan	50
1. Pembahasan Tentang Optimasi Temperatur <i>Annealing</i>	51
2. Pembahasan Tentang Optimasi Waktu <i>Annealing</i>	55
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	63
B. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70
DRAF ARTIKEL ILMIAH	91
SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur kristal $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	8
Gambar 2.2.	Teknik solgel dan produk yang dihasilkan	11
Gambar 2.3.	Hubungan Arrhenius	13
Gambar 2.4.	Proses Annealing	14
Gambar 2.5.	Kurva histeresis bahan ferroelektrik	19
Gambar 4.1.	Cara Pembuatan Prekursor SBT	26
Gambar 4.2.	Langkah penelitian untuk film tipis SBT	28
Gambar 4.3.	Devais untuk mengukur kurva histeresis	31
Gambar 4.4.	Difraksi Sinar-X (XRD)	33
Gambar 5.1.	Penampakan lintang SBT untuk optimasi temperatur	33
Gambar 5.2.	Permukaan film tipis SBT untuk optimasi temperatur	36
Gambar 5.3.	Hasil XRD dari SBT untuk Optimasi Temperatur <i>Annealing</i>	34
Gambar 5.4.	Permukaan film tipis SBT untuk optimasi waktu <i>Annealing</i>	39
Gambar 5.5.	Penampang SBT untuk optimasi waktu <i>annealing</i>	40
Gambar 5.6.	Hasil XRD SBT untuk optimasi waktu <i>annealing</i>	41
Gambar 5.7.	Puncak-puncak SBT untuk optimasi waktu <i>annealing</i>	42
Gambar 5.8.	Hasil EDAX dari SBT sebagai optimasi waktu <i>annealing</i>	45
Gambar 5.9.	Kurva histeresis SBT sebagai variasi waktu <i>annealing</i>	47
Gambar 5.10.	Kurva I-V dari SBT untuk variasi waktu <i>annealing</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Jumlah zat yang dibutuhkan untuk 10 ml SBT 0,1M	26
Tabel 4.2. Parameter penumbuhan film tipis SBT	29
Tabel 5.1. Parameter penumbuhan film tipis SBT.....	35
Tabel 5.2. Data hasil XRD dari SBT untuk variasi waktu <i>annealing</i>	42
Tabel 5.3. Ukuran butir dan konstanta kisi SBT untuk optimasi waktu <i>annealing</i>	43
Tabel 5.4. Kandungan unsur penyusun film SBT dar hasil EDAX	45
Tabel 5.5. Data Kurva Histeresis SBT 900 ⁰ C untuk variasi waktu <i>anneaing</i>	48
Tabel 5.6. Data kurva I-V dari SBT untuk variasi waktu <i>annealing</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Konstanta Kisi Film Tipis SBT dengan temperatur <i>annealing</i> 900 ⁰ C	70
Lampiran 2. Mencari Ukuran Butir	81
Lampiran 3. Menghitung Konstanta Dielektrik	83
Lampiran 4. Foto kegiatan penelitian	86

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bahan ferroelektrik merupakan bahan dielektrik yang penggunaannya sangat luas dibidang divais elektronik seperti pada memori, komponen HP, aktuator dan sensor (Araujo et all, 1996; Aucilello et all, 1998). Khusus pada memori komputer penggunaannya sangat banyak seperti FeRAM, DRAM dan SRAM. Pemanfaatan bahan ferroelektrik untuk devais elektronik seperti memori, biasanya digunakan dalam bentuk memori *non volatile*. Sifat yang dieksplorasi pada memori *non volatile* antara lain adalah nilai dielektrik yang tinggi, *swiching voltage* dan polarisasi *remanent* (Araujo et all, 1996; Aucilello et all, 1998; Bhattacharyya et all, 2002; Burmistrova et all; Tirumala, 2000; Uchino, 2000)

Jenis bahan ferroelektrik sangat banyak sekali seperti PZT, BST, SBT, PLZT dan lain-lain. Diantara bahan-bahan tersebut di atas, pada penelitian ini dipilih $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ atau SBT dalam bentuk film tipis. Alasan pemilihan bahan SBT adalah karena bahan ini memiliki sifat yang menjanjikan untuk dijadikan memori, selain itu adalah untuk melanjutkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya melalui dana PEKERTI (Darvina dkk, 2005).

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian PEKERTI ANGKATAN II Tahun II (2005). Hasil yang telah didapatkan dari penelitian PEKERTI tersebut adalah bahwa film SBT 0,1 M yang dihasilkan telah memiliki sifat ferroelektrik yang ditandai dengan adanya jendela histeresis, diperoleh konstanta dielektrik κ untuk film tipis SBT antara 32,99 – 66,44. Hasil κ yang diperoleh masih tergolong rendah dibanding dengan penelitian Bhattacharyya (2002) dengan metode PLAD yaitu harga κ antara 110 – 200. Polarisasi remanent yang dihasilkan oleh film tipis SBT dengan temperatur *annealing* 900°C yaitu 1,98 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$. Bila dibandingkan dengan harga polarisasi remanent (P_r) untuk SBT dari penelitian lain (Bhattacharyya et all, 2002; B.G Yu, et all dan Kurnia, D, 2000) yaitu antara 4,35 - 13 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, maka polarisasi remanent yang diperoleh masih tergolong rendah. Hasil yang menggembirakan adalah konstanta kisi yang didapatkan sangat mendekati

harga yang diperoleh peneliti lain dan lebar jendela histeresisnya lebih kecil dari penelitian lainnya (Bhattacharyya et al, 2002; B.G Yu, et al).

Beragam teknik pendeposisian telah digunakan secara luas, misalnya metoda CSD (*Chemical Solution Deposition*) atau solgel dengan peralatan *Spin Coating*, *Sputtering*, PLAD (*Pulsed Laser Ablation Deposition*); dan MOCVD (*Metal Organic Chemical Vapour Deposition*). Teknik pendeposisian film tipis yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik CSD dengan peralatan *Spin Coating*. Pemilihan metode ini didasari oleh beberapa keunggulan yaitu kontrol stoikiometri yang tinggi, pembuatan film tipis melalui teknik stempel, proses penumbuhan dapat dilakukan pada temperatur ruang, simpel, kompak dan film yang ditumbuhkan mempunyai homogenitas yang tinggi (Darmasetiawan, dkk, 2002; Tirumala, 2000).

Parameter deposisi film tipis mempengaruhi sifat fisik dan sifat listrik yang dihasilkan. Dari berbagai penelitian dilaporkan bahwa metode *annealing* seperti temperatur *annealing*, waktu *annealing*, penggunaan gas dalam *annealing*, stoikiometri dan formula prekursor mempengaruhi sifat listrik film tipis yang dihasilkan (B.G Yu, et al; Giridharan, 2001; Jian-Gong Cheng, 2000; Tirumala, 2000; Wang, 1998). Karena parameter deposisi memegang peranan penting dalam mendapatkan film tipis SBT yang berkualitas, maka perlu dilakukan optimasi parameter penumbuhan untuk film tipis SBT agar didapatkan sifat yang lebih baik.

Selain metode *annealing*, untuk membuat sebuah devais kapasitor yang akan digunakan pada memori ferroelektrik perlu elektroda yang cocok. Oleh sebab itu perlu optimasi penggunaan elektroda bagian atas dan bawah dari film tipis SBT yang dibuat menjadi kapasitor.

Pada penelitian PEKERTI 2005 dilakukan teknik penumbuhan film tipis SBT menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dengan peralatan *Spin Coating* dan pembuatan prekursor SBT menggunakan metode sol-gel. Pada penelitian ini telah dilakukan optimasi untuk beberapa parameter penumbuhan yaitu putaran *Spin Coating* 3000, 4000 dan 5000 rpm, dan temperatur *annealing* 800°, 900° dan 1000° C. Parameter penumbuhan lain yang digunakan adalah pirolisis 240°C selama 10 menit. Waktu *annealing* dilakukan selama 1 jam, dan aliran gas O₂ selama *annealing* adalah 100 sccm. Kenaikan suhu untuk *annealing* adalah

2°C/menit dan penurunan suhu secara alamiah. Film tipis SBT ditumbuhkan diatas substrat Silikon type-p (111) dan logam untuk metalisasi adalah Au.

Dari penelitian ini masih didapatkan beberapa kelemahan yaitu dari hasil EDAX ternyata kandungan Oksigen tidak stoikiometri dibanding bahan prekursor yang ditumbuhkan. Perbandingan Sr : Bi: Ta: O = 1 : 2 : 2 : 9, sedangkan pada film ditemukan O berkisar antara 10,5 sampai dengan 16,2 kali jumlah atom Sr. Seharusnya hanya maksimal 9 kali jumlah atom Sr. Berdasarkan hal ini direncanakan akan dilakukan optimasi penggunaan O₂ dalam pelaksanaan *annealing*. Namun karena adanya kerusakan pada sistem kontrol dan program dari alat penelitian maka dilakukan *annealing* dengan menggunakan O₂ dari udara luar saja (lingkungan atmosfer). Karena parameter yang digunakan mengalami perubahan maka dilakukan kembali optimasi temperatur *annealing*. Variasi temperatur yang digunakan tetap seperti sebelumnya yaitu 800, 900 dan 1000°C dengan waktu *annealing* 1 jam (Sbrockey 2003;Darvina dkk,2005).

Metode *annealing* juga mengalami perubahan yaitu dilakukan dua kali pyrolisis, pertama pada suhu 240°C selama 10 menit yang bersesuaian dengan suhu titik didih pelarut 2-metoksiethanol (seperti penelitian sebelumnya) dan yang kedua pada suhu 650°C selama 10 menit. Perubahan ini didasari pada hasil DTA/TGA yaitu terjadi penurunan massa yang signifikan pada suhu 240°C dan 650°C. Demikian juga pemilihan temperatur *annealing* 800, 900 dan 1000°C didasari oleh hasil DTA/TGA yaitu massa mulai konstan diatas suhu 800°C (Darvina dkk, 2005).

Pada penelitian ini digunakan substrat Silikon (100) tipe p, sedangkan sebelumnya digunakan Silikon (111) tipe p. Alasan penukaran substrat adalah dari hasil XRD yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Darvina 2005) ditemukan film SBT yang tumbuh mempunyai jumlah puncak yang terlalu banyak dan intensitasnya masih rendah. Selain itu dari analisis struktur kristal SBT yang berbentuk orthorombik, maka substrat yang diperkirakan mendukung tumbuhnya kristal tunggal atau bidang kristal yang diinginkan adalah dengan Silikon dengan bidang (100). Hal ini juga didukung oleh ukuran konstanta kisi untuk sumbu a dan b pada SBT sangat cocok dengan konstanta kisi dari silikon (100) yaitu sekitar 5,3 Å.

Untuk metalisasi pada tahun ini digunakan perak (Ag) karena secara ekonomi harga perak lebih murah dari emas. Selain itu pada penelitian sebelumnya

(PEKERTI 2005), ditemukan kelemahan dari emas yaitu gaya adesinya lemah sehingga emas mudah terkelupas dari film.

Berdasarkan latar belakang, analisis hasil penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) serta keterbatasan alat penelitian, maka melalui penelitian Hibah Bersaing tahun I ini (2007) akan dilakukan kembali optimasi temperatur *annealing* 800, 900 dan 1000°C dengan menggunakan O₂ dari udara luar (lingkungan atmosfer) dengan waktu *annealing* yang digunakan tetap 1 jam. Berikutnya untuk temperatur optimal yang diperoleh, dilakukan optimasi waktu *annealing* yaitu (0,5), 1, 2, dan 4. Pyrolisis dilakukan 2 kali yaitu pada temperatur 240°C dan 650°C masing-masing 10 menit. Sedangkan metalisasi dilakukan dengan menggunakan logam perak (Ag).

Dari film yang ditumbuhkan akan diteliti sifat fisik dan sifat listriknya. Untuk itu dibuat film tipis dengan struktur MFM dan MFS. Sifat fisik dilihat melalui karakterisasi berupa XRD, EDAX dan SEM, sedangkan untuk melihat sifat listrik dari bahan dilakukan karakterisasi berupa kurva histeresis dan kurva I-V.

Permasalahan sifat fisik film tipis SBT yang diteliti adalah: morfologi (ketebalan, *grain size*, *interface* antara film dengan substrat) dan mikro struktur (bidang kristal dan konstanta kisi). Sifat listrik yang diteliti berupa polarisasi remanen (P_r), lebar jendela histeresis, konstanta dielektrik bahan, serta harga kebocoran arus yang terjadi pada film tipis SBT.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian untuk Hibah Bersaing tahun I (2007) diberi judul: **Efek Metode *Annealing* Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Listrik Film Tipis SrBi₂Ta₂O₉ Yang Dideposisi Dengan Teknik CSD Menggunakan *Spin Coating***

B. Tujuan Penelitian Tahun I

Tujuan penelitian pada tahun I adalah untuk mempelajari:

1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
2. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.

3. Efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT.
4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V.
5. Berapakah temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini.

C. Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh manfaat antara lain:

1. Pengembangan IPTEK terapan, khususnya dalam rangka mencari parameter penumbuhan yang optimum untuk film tipis SBT yang dideposisi dengan metode CSD menggunakan *Spin Coating*, sehingga didapatkan sifat yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan memori ferroelektrik.
2. Memberikan pengalaman meneliti bagi dosen dan mahasiswa dalam rangka meningkatkan iklim penelitian dibidang IPTEK.
3. Meningkatkan dayaguna dan hasilguna dari peralatan *Spin Coating* yang telah ada di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNP Padang.
4. Terwujudnya usaha untuk menumbuhkembangkan iklim penelitian yang kondusif, sehingga terbentuk kelompok peneliti yang mandiri, dihasilkan produk penelitian yang bermutu dan dapat mengangkat derajat bangsa dimasa datang.
5. Ikut meningkatkan iklim penelitian di Indonesia sehingga dapat menambah kasanah ilmu, khususnya dibidang film tipis SBT.

D. Target / Indikator Keberhasilan Tahun I

Adapun target/indikator keberhasilan pada tahun I ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu melakukan optimasi parameter penumbuhan film tipis SBT yaitu berupa optimasi temperatur dan waktu *annealing* dengan menggunakan O₂ dari udara luar.
2. Dihasilkannya data karakterisasi film tipis SBT melalui SEM, XRD, EDAX, kurva histeresis, dan kurva I-V untuk melihat sifat fisik dan sifat listriknya.
3. Diketahui efek penggunaan Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT.

4. Diketahui efek penggunaan metalisasi logam perak (Ag) terhadap bentuk kurva I-V.
5. Didapatkan temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini.
6. Dihasilkan artikel sebagai sarana publikasi dari hasil penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas secara ringkas mengenai tinjauan pustaka yang berkenaan dengan material ferroelektrik.

A. Bahan Ferroelektrik

Material ferroelektrik merupakan material dielektrik yang memiliki molekul polar dan dapat terpolarisasi secara spontan. Polarisasi spontan dihasilkan oleh keadaan non simetrik dari ion-ion dalam unit sel, di mana hasilnya berupa momen dipol listrik pada unit sel tersebut. Pada unit sel yang berdekatan, jika orientasi kemiringan kutub polarisasi pada suatu daerah adalah sama, maka orientasi ini disebut domain ferroelektrik. Jika suatu bahan dielektrik diberi medan listrik, kemudian arah medannya dibalik, sehingga mengakibatkan arah polarisasi spontannya ikut terbalik, maka bahan dielektrik yang demikian disebut bahan ferroelektrik (Uchino, 2000).

Pada bahan ferroelektrik, dipol-dipol yang terbentuk ada yang memiliki arah polarisasi dengan susunan masih acak dan ada yang susunannya sudah teratur. Bahan yang susunan polarisasi spontannya telah teratur biasanya berbentuk kristal, baik kristal tunggal maupun polikristalin, sedangkan yang susunannya masih acak biasanya berbentuk amorf.

Bahan ferroelektrik dapat dimanfaatkan untuk devais elektronik seperti memori, sensor, transduser dan aktuator. Karena bahan ferroelektrik dapat digunakan untuk berbagai keperluan, maka bahan ini disebut bahan yang "*smart*" (Uchino, 2000)

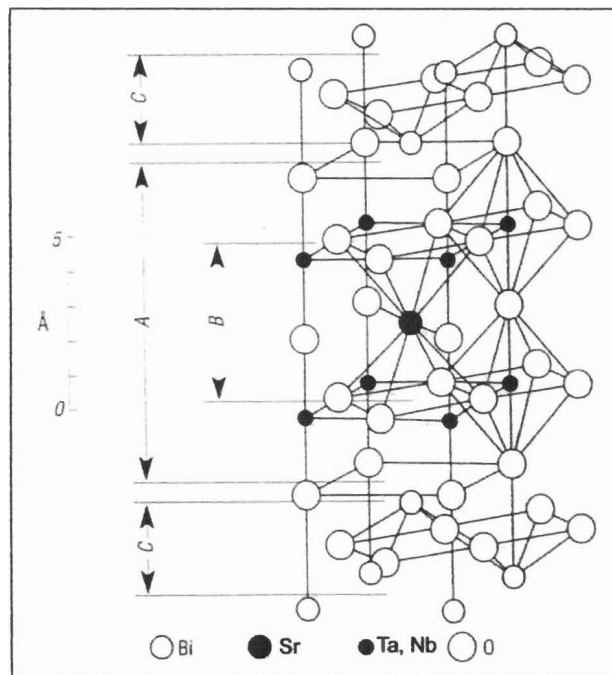
Dalam penggunaan bahan ferroelektrik menjadi sebuah devais, yang dimanfaatkan adalah sifat yang ada pada bahan tersebut, yaitu apabila diberi suatu masukan, akan menghasilkan suatu keluaran. Sebagai contoh apabila bahan ferroelektrik diberi masukan berupa panas akan menghasilkan keluaran berupa arus listrik, maka bahan ini bersifat pyroelektrik. Apabila diberikan masukan berupa *stress* (regangan) akan menghasilkan tegangan maka disebut bersifat piezoelektrik.

Apabila diberi medan listrik kemudian arah medan listriknya dibalik, sehingga arah polarisasi dari bahan ikut terbalik maka bahan tersebut dinamakan bahan ferroelektrik.

Jenis bahan ferroelektrik sangat banyak sekali seperti BaTiO_3 , SrTiO_3 , BaSrTiO_3 (BST), $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT), PZT dan lain-lain. Semua bahan ini berpotensi digunakan sebagai devais ferroelektrik. Diantara bahan yang ada maka pada penelitian ini digunakan bahan ferroelektrik jenis SBT.

B. Struktur Kristal Dari SBT

Menurut Scholar (1999) struktur kristal dari SBT berbentuk orthorombik yang terdiri dari 2 buah Bismuth Oksida (Bi_2O_3) yang disebut lapisan bismuth dan 2 buah lapisan perovskite SrTaO_3 dan Bi_2O_2 sehingga disebut perovskite berlapis bismuth. Struktur kristalnya dapat dilihat seperti Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1. Struktur kristal $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ atau SBT (Scholar, 1999)

SBT merupakan bahan ferroelektrik anisotropik, yang memiliki polarisasi spontan sepanjang sumbu a atau sumbu b sedangkan sepanjang sumbu c sifat ferroelektriknya sangat lemah. Posisi Ta^{+5} yang terperangkap di dalam 6 buah O^{-2}

dapat bergeser sedikit keatas atau ke bawah, sehingga hal ini menimbulkan molekul polar yang membawa sifat dielektrik. Molekul polar tersebut telah terpolarisasi walaupun tanpa medan listrik. Molekul inilah yang memberikan kontribusi sifat ferroelektrik dalam SBT.

Dari data base, bentuk sruktur kristal SBT adalah orthorombic dengan konstanta kisi $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$. Penentuan konstanta kisi dari hasil XRD pada penelitian ini dapat dicari dengan rumus:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \dots\dots\dots (1)$$

Sedangkan d dapat dicari dengan rumus:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots (2)$$

Dengan λ adalah panjang gelombang yang digunakan pada XRD sedangkan sudut θ diambil setengah dari sudut 2θ (Suryanarayana et all, 1998)

C. Kegunaan Film Tipis SBT

Film tipis SBT dapat digunakan untuk bahan dielektrik dari kapasitor yang terdapat pada memori ferroelektrik. Memori adalah suatu devais yang dapat digunakan untuk menyimpan informasi (data) dalam bentuk kumpulan *bit* (*binary digit*). Untuk keperluan memori yang besar struktur *random acces memory* (RAM) lebih disukai sebab sel memorinya dapat diatur dalam bentuk matriks bujur sangkar yang dapat diakses secara acak untuk menyimpan (*write*) atau membaca (*read*) (Sha Zhu et all, Auciello et all, 1998)

Memori yang terbuat dari bahan ferroelektrik disebut *ferroelectric random acces memory* (FRAM). FRAM merupakan devais jenis *non-volatile* memori (memori yang datanya tidak menguap) yang terbuat dari film tipis ferroelektrik. Data disimpan dalam bentuk medan polarisasi dalam bahan dielektrik yang ada pada kapasitor pembentuk FRAM. Karena material ferroelektriknya dapat terpolarisasi secara spontan, maka secara ideal data yang ada didalam FRAM akan tersimpan selamanya atau dikatakan tidak mudah menguap.

Struktur FRAM sangat mirip dengan DRAM konvensional, dimana sel memorinya disusun dalam matriks bujur sangkar yang dapat diakses secara acak.

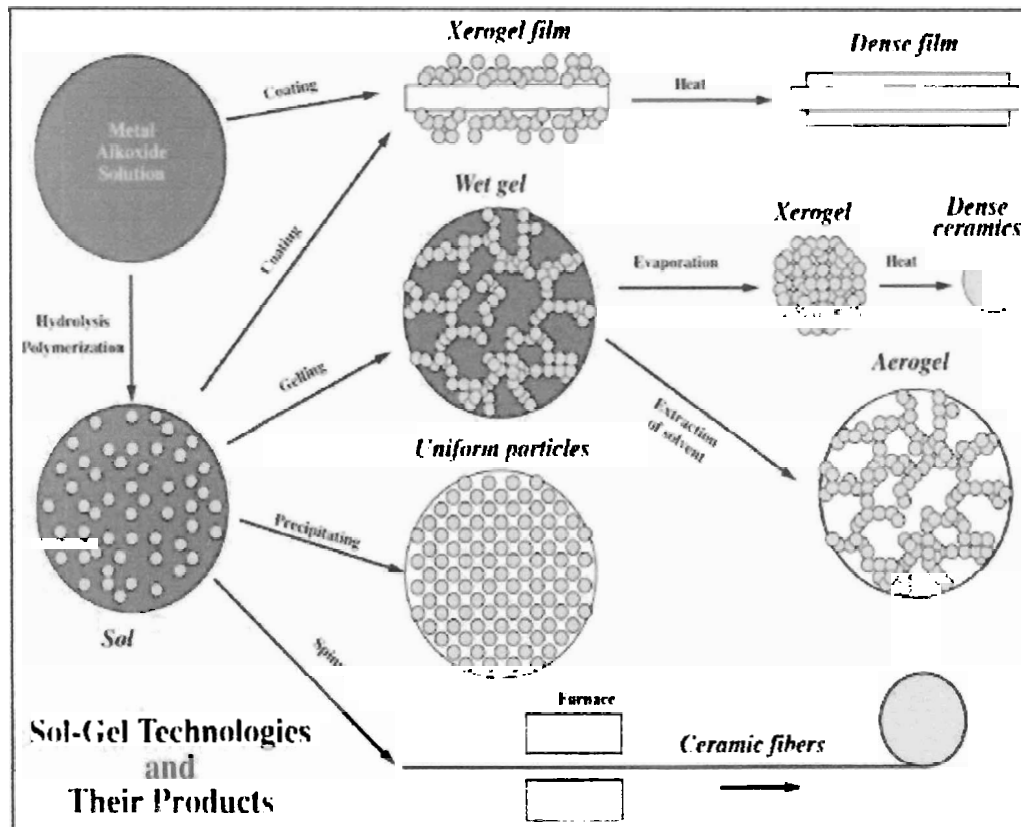
Keunggulan FRAM dibanding dengan DRAM adalah lebih cepat dalam mengakses data, memerlukan daya yang lebih rendah, datanya tidak menguap (*non-volatile*), dan biaya operasionalnya lebih murah.

Struktur dasar unit sel FRAM yang mirip dengan DRAM konvensional untuk 1 bit adalah terdiri dari 1 transistor dan 1 kapasitor (1T/1C). FRAM dengan struktur 1T/1C dikenal dengan *destructive read out* FRAM (DRO FRAM). Struktur lain yang ada sekarang adalah 2T/2C keluaran Fujitsu Ltd (Sha Zhu, *et al*). Kapasitor berfungsi untuk menyimpan data, sedangkan transistor berfungsi sebagai penguat. Jadi jumlah kapasitor dan transistor yang ada pada sebuah FRAM tergantung pada kapasitas yang dimilikinya.

Prinsip dasar penyimpanan data adalah pengisian dan pengosongan kapasitor. Bedanya untuk kapasitor dengan bahan dielektrik berupa ferroelektrik adalah saat sumber tegangan sudah hilang, sebagian data yang belum sempat disimpan masih tersimpan pada polarisasi remanent bahan ferroelektriknya. Jadi walaupun daya listrik mati dengan tiba-tiba, data yang belum sempat tersimpan masih tetap berada dalam medan listrik yang ada pada bahan dielektriknya.

D. Film Tipis Ferroelektrik Dari Proses Solgel

Bahan solgel dapat menghasilkan berbagai jenis produk seperti *Dense film*, *Dense ceramics*, *Aerogel* dan *ceramics fibers*. Dense film dalam bentuk film tipis dapat dibuat dari bahan berbentuk solgel menggunakan peralatan Spin Coating. Proses yang dilakukan adalah dari sol diputar dengan spin coating lalu dipirolysis sehingga terbentuk Xerogel film, Selanjutnya Xerogel film diannealing sehingga menjadi Dense film. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



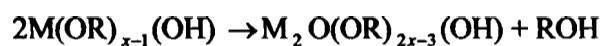
Gambar 2.2. Teknik sol-gel dan produk yang dihasilkan (<http://www.solgel technology>).

Untuk pensintesisan prekursor dari material perovskite dengan metoda sol gel diperlukan beberapa gabungan material organik yaitu metal alkoxide, metal karboxylate dan metal diketonates. Pada proses sol gel terdiri dari beberapa reaksi yang menentukan pembentukan prekursor yaitu reaksi hidrolisis dan kondensasi. Secara sederhana dapat digambarkan untuk reaksinya sebagai berikut :

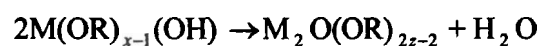
a. Hidrolisis



b. Kondensasi (Eliminasi alkohol)



c. Kondensasi (Eliminasi air)



Dimana M adalah ion metal dan R adalah kelompok alkil. Reaksi ini bergantung pada parameter internal dan parameter eksternal. Parameter internalnya adalah atom metal, kelompok alkoxy dan kekomplekan molekul. Sedangkan parameter eksternalnya adalah pemilihan katalis, konsentrasi, pelarut dan temperaur (Araujo et all,1996).

E. Pengaruh Metode Annealing Terhadap Sifat Bahan Ferroelektrik.

Cara melakukan *annealing* berpengaruh terhadap sifat film yang dihasilkan. Pengertian *annealing* yaitu pemanasan dengan suhu tinggi kemudian diikuti dengan pendinginan secara perlahan-lahan (Van Vlack, 1992) *Annealing* merupakan proses penting dalam kristalisasi film tipis. Pada proses annealing, atom-atom akan bergerak dan membentuk susunan yang lebih sempurna, tanpa regangan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kristal (kristalisasi) dan penyusunan kristal kembali (rekristalisasi) suatu bahan antara lain adalah temperatur *annealing* dan waktu atau lamanya *annealing* dilakukan. Pada proses rekristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali. Proses kristalisasi dan rekristalisasi meliputi pergerakan atom yang bergantung pada energi aktivasi. Sedangkan energi aktivasi bergantung pada temperatur yang digunakan. Penataan kembali ini lebih mudah pada suhu tinggi. Getaran termal kisi yang lebih besar pada suhu tinggi memungkinkan terjadinya pengaturan kembali atom-atom dan membentuk butiran yang lebih sempurna (Van Vlack, 1992; Smith, 1993).

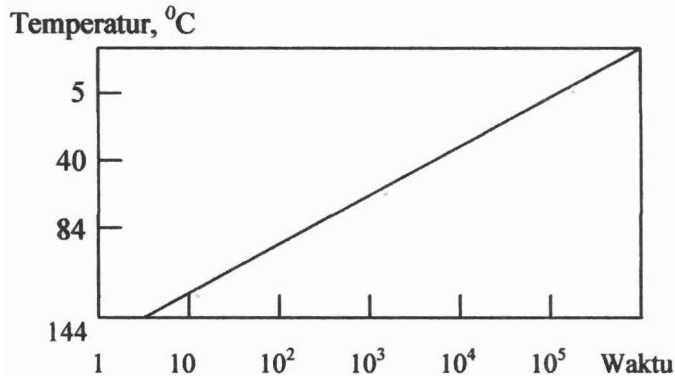
Pada proses rekristalisasi suatu bahan, waktu atau lamanya *annealing* dilakukan juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas bahan. Hal ini dapat diperkirakan karena fluks atom sebanding dengan difusitas, seperti persamaan berikut (Van Vlack, 1992):

$$J = - D \frac{dc}{dx} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana , J = Fluks atom (atom/m² .sek, dan D = Difusivitas. Difusi adalah pergerakan atom atau molekul dalam bahan atau fluks difusi persatuan gradien konsentrasi. Garadien konsentrasi dapat dicari dengan rumus:

$$\frac{c_2 - c_1}{x_2 - x_1} = \frac{dc}{dx} \dots\dots\dots (4)$$

Hubungan antara waktu dan suhu rekristalisasi disebut hubungan Arrhenius. Proses rekristalisasi meliputi pergerakan atom yang bergantung pada energi aktivasi. Hubungan Arrhenius dapat dinyatakan dalam bentuk kurva berikut:



Gambar 2. 3. Hubungan Arrhenius (Van Vlack, 1992)

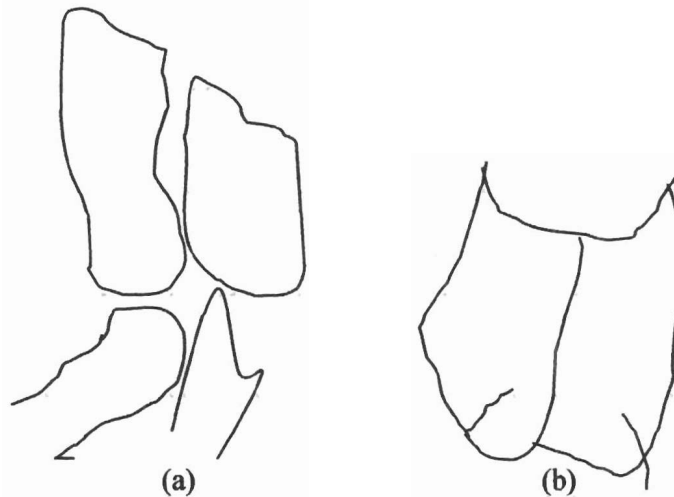
Hubungan Arrhenius merupakan hubungan antara waktu dan suhu rekristalisasi yaitu ($\ln t$ dengan $\frac{1}{T_R}$). Pergerakan atom (difusi) dalam mengendalikan reaksi ini, tergantung pada energi aktivasi. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln t = C + \frac{B}{T} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana, C dan B adalah konstanta Persamaan Arrhenius (Van Vlack, 1992).

Pemberian proses *annealing* pada film tipis menyebabkan atom-atom tersusun rapat. Partikel-partikel halus akan beraglomerasi menjadi bahan padat. Partikel yang lebih besar akan terbentuk dan porinya akan mengecil sehingga ruang antar butir lebih sedikit. Pada akhirnya dicapai ukuran butir yang seimbang dan homogen. Getaran termal kisi yang lebih besar pada suhu tinggi memungkinkan terjadinya pengaturan kembali atom-atom dan membentuk butiran yang lebih sempurna.

Prinsip dasar proses *annealing* dapat dilihat pada Gambar 2.4. Pada Gambar (a) tampak bahwa ada dua permukaan yang membatasi partikel sebelum *annealing*. Pada Gambar (b) tampak bahwa setelah *annealing* terdapat hanya satu batas butir .



Gambar 2.4. Proses *Annealing* (Van Vlack,1992)

Gambar (a) tampak ada dua permukaan yang membatasi partikel sebelum *annealing*. Gambar (b) tampak bahwa setelah *annealing* terdapat hanya satu batas butir .

Dari berbagai penelitian dinyatakan bahwa waktu *annealing* merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses penumbuhan (kristalisasi) film tipis, dimana pada proses kristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali. Waktu *annealing* akan mempengaruhi laju peningkatan kristalisasi (Wang, F : 1997).

Hubungan antara waktu *annealing* dengan morfologi film tipis sangatlah berpengaruh satu sama lain. Waktu *annealing* memberi pengaruh terhadap laju peningkatan kristalisasi. Sehingga waktu *annealing* dapat memberikan pengaruh terhadap ukuran butir yang ditumbuhkan dan ketebalan dari film tipis yang terbentuk.

Dapat dilihat dari kurva berbentuk S disamping bahwa waktu annealing sangat mempengaruhi terhadap kesempurnaan rekristalisasi suatu bahan, walaupun suhu annealing dikonstantakan.

Waktu *annealing* merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses penumbuhan (kristalisasi) film tipis, dimana pada proses kristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali. Waktu *annealing* akan mempengaruhi laju peningkatan kristalisasi (Wang, F : 1997).

Menurut penelitian yang telah dilakukan Darmasetiawan dkk, (2002) tentang efek Waktu dan Temperatur *Annealing* pada film tipis Ta₂O₅, mendapatkan hasil bahwa makin lama waktu *annealing* maka hasilnya lebih baik dalam pembentukan film tipis dan pengaruh energi termal yang tinggi menambah pembentukan ukuran butiran film tipis.

Dengan memvariasikan waktu *annealing* akan diketahui, pengaruh dari variasi waktu *annealing* terhadap ketebalan, *grain size*, *interface*, dan konstanta kisi film tipis SBT.

Menurut penelitian yang telah dilakukan Darmasetiawan dkk, (2002) tentang efek Waktu dan Temperatur *Annealing* pada film tipis Ta₂O₅, mendapatkan hasil bahwa makin lama waktu *annealing* maka hasilnya lebih baik dalam pembentukan film tipis dan pengaruh energi termal yang tinggi menambah pembentukan ukuran butiran film tipis. Dengan memvariasikan waktu *annealing* pada penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruhnya terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT.

F. Sifat Fisik Bahan Ferroelektrik

Sifat fisik bahan ferroelektrik dapat dilihat antara lain berupa morfologi dan mikrostruktur dari film tipis SBT yang terbentuk. Sifat fisik diidentifikasi dengan menggunakan karakterisasi *Scanning Elektron Mikroskopy* (SEM), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari film tipis yang diteliti, baik untuk permukaannya maupun penampang melintangnya.

Morfologi adalah suatu ilmu yang mempelajari bentuk dan struktur dari suatu bahan ([http://www. refernce.com](http://www.reference.com)). Bahan yang dapat diamati morfologinya

salah satunya adalah film tipis. Morfologi film tipis yang diamati berupa permukaan dan penampang melintangnya. Dengan melihat morfologi permukaan dapat diketahui *grain size* atau ukuran butir film tipis yang ditumbuhkan dan interface film tipis, sedangkan dari penampang melintang dapat diketahui ketebalan dari film tipis yang terbentuk. Pada penelitian ini morfologi yang akan diteliti adalah ukuran butir atau *grain size* kristal, ketebalan, interface dan konstanta kisi film tipis.

Ukuran butir kristal merupakan salah satu sifat material yang sangat menentukan kualitas film tipis. Semakin besar ukuran butir kristal yang dihasilkan, semakin tinggi konduktivitasnya. (Kanachi : 1991). Bentuk butir biasanya diatur oleh adanya butir-butir lain disekitarnya. Dalam setiap butir semua sel satuan teratur dalam satu arah dan satu pola tertentu. Batas butir memisahkan kristal yang mempunyai perbedaan sudut orientasi tertentu.

Pada batas butir, antara dua butir yang berdekatan terdapat daerah transisi yang tidak searah dengan pola pada kedua butir tersebut. Batas butir dapat dianggap berdimensi dua. Ketidakteraturan orientasi antara butiran yang berdekatan menghasilkan tumpukan atom yang kurang efisien sepanjang batas. Oleh karena itu atom sepanjang batas butir memiliki energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat dalam butir. Hal ini menyebabkan daerah perbatasan lebih mudah terkikis. Tumpukan atom yang lebih sedikit pada batas butir memperlancar difusi atom (Van Vlack, 1992)

Meskipun batas butir merupakan ciri mikrostruktur yang berhubungan dengan sifat bahan, namun biasanya yang sering digunakan sebagai patokan adalah ukuran butir. Ukuran butir dapat diketahui berdasarkan intensitas puncak yang dihasilkan oleh difraksi sinar-X (XRD). Van Vlack (1992), Smith (1993) dan Suryanarayana et al (1998) menyatakan bahwa besar kecilnya energi aktivasi akan mempengaruhi bentuk dan arah pergerakan dari atom atau molekul film. Arah pergerakan atom atau molekul akan mempengaruhi bidang kristal yang terbentuk. Banyak atau sedikitnya jumlah atom atau molekul yang memiliki orientasi bidang kristal yang sama akan mempengaruhi ukuran butir yang terjadi.

Dari analisis hasil XRD dapat ditentukan parameter kisi masing-masing sampel seperti ukuran butir dan konstanta kisi. Untuk menentukan ukuran butir digunakan persamaan sebagai berikut : (Cullity.B.D : 1959)

$$d = \frac{0.9\lambda}{FWHM \cos \theta} \dots\dots\dots (6)$$

dimana,

d = ukuran butir

λ = Panjang gelombang sinar x

FWHM = Full Width Half Maximum dari grafik XRD

θ = sudut terpancar difraksi

Morfologi film tipis yang akan diamati lagi adalah berupa ketebalannya. Ketebalan film tipis dapat dilihat dari penampang melintang film tipis. Ketebalan film dapat ditentukan berdasarkan citra SEM, yaitu dengan menarik garis lurus pada penampang lintang pada citra SEM, kemudian dibandingkan dengan besaran panjang yang terdapat pada citra SEM tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh B.G.Yu, et all (1999), tentang efek temperatur annealing pada sifat listrik dari SrBi₂Ta₂O₉ menghasilkan ketebalan film tipis antara 0,18 μm – 0,24 μm . Pada penumbuhan film tipis yang baik, ketebalan yang dihasilkan harus rata dan homogen.

Interface juga merupakan sifat fisik yang akan diamati pada penelitian ini. Interface merupakan antar muka antara film dengan substrat. Suatu film tipis yang baik, haruslah mempunyai ukuran konstanta kisi yang bersesuaian dengan konstanta kisi substratnya. Sebab hal ini dapat mempengaruhi bentuk pertemuan antara film dengan substrat.

Konstanta kisi adalah pola yang berulang dalam tiga dimensi yang terbentuk dalam kristal. Karena pola atom ini berulang secara tak hingga, untuk mudahnya kisi kristal ini dibagi dalam sel satuan. Sel satuan ini mempunyai volume terbatas, masing-masing memiliki ciri yang sama dengan kristal secara keseluruhan dan mempunyai jarak yang selalu berulang dengan ukuran yang sama. Jarak yang selalu berulang disebut konstanta kisi. Dalam pola jangkau kristal, konstanta kisi menentukan ukuran sel satuan. (Van Vlack, 1992).

Dalam kristal bukan kubik, konstanta kisi berbeda dalam ketiga arah koordinat. Titik sudut sel satuan dapat ditempatkan dimana saja dalam suatu kristal. Jadi, sudut tersebut dapat berada di pusat atom, atau tempat-tempat lain dalam atom-atom.

Konstanta kisi merupakan jarak antar posisi yang ekuivalen dalam kristal. Arahnya sejajar dengan sumbu kristal. Konstanta kisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : (Cullity. B.D : 1959)

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2 \dots\dots\dots (7)$$

dengan:

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2}, \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2}, \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \dots\dots\dots (8)$$

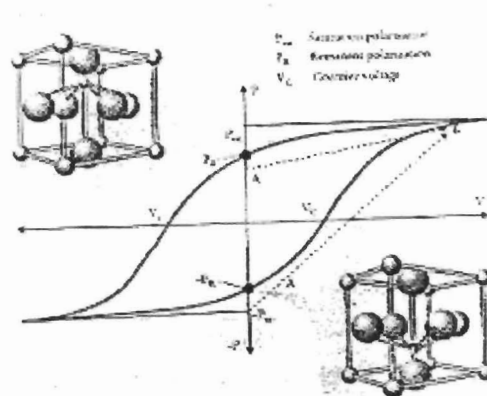
a, b dan c adalah parameter kisi.

G. Sifat Listrik Bahan Ferroelektrik

1. Kurva histeresis bahan ferroelektrik

Bahan ferroelektrik menunjukkan karakteristik kurva histeresis. Apabila suatu medan listrik digunakan pada bahan ferroelektrik, maka atom yang berada pada pusat unit sel yang mempunyai posisi termodinamika stabil di dalam bentuk oksigen oktahedral, akan bergeser relatif ke arah oksigen bagian atas atau bagian bawah sehingga menimbulkan momen dipol listrik. Momen dipol listrik ini akan menimbulkan polarisasi, yang bersama-sama bergantung pada polaritas dari medan listrik. Keadaan ini disebut polarisasi saturasi ($\pm P_{sat}$). Apabila medan listrik yang ada dihilangkan, atom tersebut akan dipindahkan posisinya, dan menghasilkan sisa polarisasi dalam keadaan tanpa medan, atau disebut polarisasi *remanent* ($\pm P_r$). Dalam mengatur arah polarisasi balik, kita harus menggunakan medan listrik *coercive* ($\pm E_c$), yang merupakan medan listrik minimum untuk polarisasi *switching* (P_s) atau besarnya medan listrik yang dibutuhkan agar polarisasinya menjadi nol. Hubungan antara polarisasi dengan medan listrik disebut dengan kurva histeresis. Pengukuran kurva histeresis pada film tipis SBT adalah dalam bentuk kapasitor metal/ferroelektri/metal (MFM).

Karakteristik dasar dari suatu bahan ferroelektrik yang akan digunakan untuk memori ferroelektrik didasari oleh kepiawaian dalam menggunakan polarisasi remanent yang stabil saat medan listriknya nol. Keadaan polarisasi akan dapat dikontrol apabila dipahami proses membalikinya. Penggunaan tegangan listrik pada arah tertentu akan menghasilkan polarisasi yang tertentu pula, biasanya arah ke atas (+1) dan ke bawah (0). Perubahan ini akan terlihat pada kurva histeresis. Makin besar polarisasi remanent bahan tersebut makin baik digunakan untuk memori. Sebaliknya agar penggunaan daya lebih efisien maka bahan yang baik akan memiliki E_C yang kecil. Bentuk kurva histeresis bahan ferroelektrik dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kurva histeresis bahan ferroelektrik

Polarisasi remanent beberapa bahan yang telah diteliti dengan berbagai metode penumbuhan harganya bervariasi. Untuk SBT dengan konsentrasi Sr berturut-turut 60, 80 dan 90% didapatkan polarisasi remanent 11, 13 dan 9 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (Bhattacharyya et al, 2002).

Suatu bahan apabila telah digunakan secara berulang-ulang dalam jumlah putaran baca / tulis dalam jumlah tertentu, tetapi harga polarisasi *non switching* (P_{ns}) dan polarisasi *switching* (P_s) tidak berubah atau hanya berkurang dalam jumlah yang sangat kecil sekali setelah digunakan dalam waktu yang lama, maka bahan demikian cocok digunakan untuk devais ferroelektrik "*non volatile*" memori. Bahan yang demikian memiliki harga ($P_s - P_{ns}$) dan $[(-P_s) - (-P_{ns})]$ yang konstan, atau hanya berubah sedikit sekali, disebut bahan yang tidak lelah atau tidak

memiliki masalah kelelahan (*fatigue problem*) pada pemakaian dalam waktu yang lama.

2. Kapasitansi kapasitor dan konstanta dielektrik

Bahan ferroelektrik dapat digunakan sebagai dielektrik kapasitor pada FRAM. Suatu kapasitor memiliki kemampuan untuk menyimpan muatan yang disebut kapasitansi kapasitor. Kapasitansi kapasitor adalah kemampuan dari suatu kapasitor menyimpan muatan apabila diberi tegangan listrik. Hal ini biasa dirumuskan sebagai:

$$C = q/V \dots\dots\dots (9)$$

Dengan C = kapasitansi kapasitor, q = muatan elektron dan V = tegangan yang digunakan.

Untuk kapasitor plat sejajar apabila antara kedua plat ditempatkan bahan dielektrik maka kapasitansi kapasitornya akan bertambah besar. Perbandingan kapasitansi dengan menggunakan dielektrik terhadap kapasitansi tanpa dielektrik dinamakan konstanta dielektrik (κ). Bila luas plat kapasitor = A , jarak antara kedua plat = d , permitivitas ruang hampa = ϵ_0 dan konstanta dielektrik = κ , maka kapasitansi kapasitor dapat dihitung dengan rumus:

$$C = \kappa \epsilon_0 A/d \dots\dots\dots (10)$$

Perkalian konstanta dielektrik bahan (κ) dengan permitivitas ruang hampa disebut permitivitas bahan dielektrik

$$\epsilon = \kappa \epsilon_0 \dots\dots\dots (11)$$

sehingga persamaan (2) dapat dirobah menjadi:

$$C = \epsilon A/d \dots\dots\dots (12)$$

Untuk kapasitor dengan geometri berbeda biasanya kapasitansi kapasitor dirumuskan sebagai:

$$C = \kappa \epsilon_0 L \dots\dots\dots (13)$$

L bergantung pada geometri dari kapasitor, contoh untuk kapasitor berbentuk silinder maka $L = 2\pi l/\ln(b/a)$. Dengan l = panjang silinder, a = jari-jari sumbu bagian dalam silinder dan b = jari-jari sumbu bagian luar. Harga permitivitas ruang

hampa $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$. Sedangkan harga konstanta dielektrik κ bergantung pada bahan yang digunakan.

Untuk bahan SBT menggunakan metode PLD dengan konsentrasi Sr berturut-turut 70, 80, 90 dan 100% diperoleh konstanta dielektrik berturut-turut 140, 130, 240 dan 200 (Bhattacharyya et al, 2002). Kapasitansi kapasitor dapat diketahui melalui kurva C-V ataupun data kurva histeresis.

3. Kebocoran arus pada film tipis

Kebocoran arus pada suatu film tipis dapat dilihat melalui kurva I-V. Pada suatu kurva I-V (dengan arus dalam skala log), apabila arus yang terukur pada tegangan tertentu berbentuk garis miring (kemiringan positif) berarti kebocoran arus sebanding dengan tegangan yang digunakan. Apabila arusnya telah membentuk garis horizontal, berarti film tipis tersebut telah mengalami kebocoran arus yang maksimum dan tidak tergantung lagi pada tegangan yang digunakan. Batas kebocoran arus yang dapat digunakan pada film tipis untuk ketebalan 200 nm adalah sekitar 10^{-7} A (Kentaromorito, 2001).

Dari kurva I-V dapat diketahui kondisi logam yang digunakan untuk metalisasi yaitu bersifat kontak ohmik atau tidak. Diharapkan logam yang digunakan bersifat kontak ohmik yaitu memiliki resistansi yang kecil sehingga tidak mempengaruhi mobilitas elektron pada devais yang dibuat. Alat yang digunakan untuk mengukur kurva I-V adalah I-V meter yang ada di Laboratorium Instrumentasi Departemen Fisika ITB.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yang terdiri dari tujuan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang. Pada bagian berikut akan diuraikan satu persatu secara ringkas.

1. Tujuan jangka pendek.

Tujuan jangka pendek ditargetkan tercapai dalam dua tahun sesuai dengan proposal yang diajukan pada program Hibah Bersaing (2007-2008). Pada tahun I diharapkan dapat diperoleh metode *annealing* berupa temperatur *annealing* dan waktu *annealing* yang optimum dalam penumbuhan film tipis SBT. Selanjutnya dapat diketahui efek metode *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*. Sifat fisik yang diteliti berupa morfologi (ketebalan, *grain size*, *interface* antara film dengan substrat) dan mikro struktur (bidang kristal dan konstanta kisi). Sifat listrik yang diteliti berupa polarisasi remanen (P_r), lebar jendela histeresis, konstanta dielektrik bahan, serta harga kebocoran arus yang terjadi pada film tipis SBT. Tujuan penelitian pada tahun I secara terperinci adalah untuk mempelajari:

1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
2. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
3. Efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT.
4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V.
5. Temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini.

Pada tahun II diharapkan diperoleh jenis logam yang baik untuk digunakan sebagai elektroda bagian atas dan bawah dari devais kapasitor, sehingga didapatkan rancangan kapasitor yang memiliki sifat fisik dan sifat listrik yang baik untuk digunakan pada memori ferroelektrik (FRAM). Logam yang direncanakan untuk digunakan adalah aluminium (Al), Perak (Ag) dan tembaga (Cu). Selanjutnya diteliti efek variasi elektroda (logam) terhadap sifat fisik dan sifat listrik bahan SBT.

2. Tujuan jangka menengah

Tujuan jangka menengah masih difokuskan untuk material dasar film tipis SBT namun dengan optimasi parameter lainnya, sehingga diperoleh film tipis SBT yang memiliki sifat yang baik. Optimasi berikutnya yang akan dilakukan adalah variasi komposisi bahan film tipis SBT dengan menggunakan berbagai bahan tambahan (doping) seperti Nb untuk menggantikan sebagian dari Ta. Pada tahap ini direncanakan dilakukan analisis terhadap prekursor yang dibuat. Selanjutnya dilihat pengaruh variasi komposisi bahan SBT terhadap sifat fisik dan sifat listriknya. Diharapkan diperoleh sifat-sifat tertentu yang dapat diaplikasikan pada berbagai jenis devais seperti kapasitor dari FRAM dan sebagai sensor.

3. Tujuan jangka panjang

Untuk jangka panjang, diharapkan dapat dilakukan penelitian berkelanjutan terhadap film tipis untuk berbagai jenis bahan ferroelektrik baik berupa bahan an organik maupun organik. Selain eksplorasi terhadap bahan juga direncanakan pengembangan penggunaan metode penumbuhan film tipis lainnya seperti metode DC Sputtering.

B. Manfaat Penelitian

Selain memiliki tujuan, diharapkan penelitian ini memberikan manfaat pada:

1. Pengembangan IPTEK terapan, khususnya dalam rangka mencari parameter penumbuhan yang optimum untuk film tipis SBT yang dideposisi dengan

metode CSD menggunakan *Spin Coating*, sehingga didapatkan sifat yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan memori ferroelektrik.

2. Memberikan pengalaman meneliti bagi dosen dan mahasiswa dalam rangka meningkatkan iklim penelitian dibidang IPTEK.
3. Meningkatkan dayaguna dan hasilguna dari peralatan *Spin Coating* yang telah ada di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNP Padang.
4. Terwujudnya usaha untuk menumbuhkembangkan iklim penelitian yang kondusif, sehingga terbentuk kelompok peneliti yang mandiri, dihasilkan produk penelitian yang bermutu dan dapat mengangkat derajat bangsa dimasa datang.
5. Ikut meningkatkan iklim penelitian di Indonesia sehingga dapat menambah kasanah ilmu, khususnya dibidang film tipis SBT.

BAB IV METODE PENELITIAN

Tempat penelitian Hibah Bersaing untuk tahun I (2007) dilakukan sebagian di laboratorium Fisika Material dan laboratorium Kimia FMIPA UNP, dan sebagian lagi di laboratorium Fisika Material Elektronik FMIPA ITB. Hal ini dilakukan karena peralatan evaporator dan karakterisasi tidak ada di laboratorium Fisika UNP. Pembuatan prekursor dilakukan di laboratorium Kimia UNP dan pengolahan data dilakukan di laboratorium Fisika Material UNP.

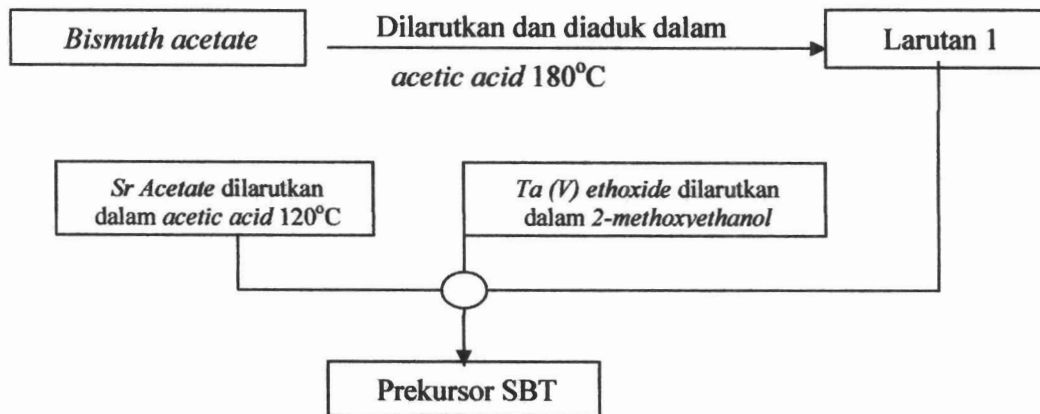
Pada penelitian ini film tipis SBT ditumbuhkan dengan teknik *Chemical Solution Deposition* (CSD). Teknik CSD merupakan suatu teknik penumbuhan film tipis dengan metode sol-gel. Keuntungan utama dari CSD adalah kontrol stoikiometri yang tinggi dan pembuatan film tipis melalui teknik stempel. Keuntungan lain adalah proses penumbuhan dapat dilakukan pada temperatur ruang, simpel, kompak dan film yang ditumbuhkan mempunyai homogenitas yang tinggi (Darmasetiawan dkk, 2002 dan Tirumala, 2000)

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka disusun serangkaian urutan penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar penumbuhan film tipis dengan menggunakan teknik CSD, terdiri dari empat tahapan proses yaitu sintesis precursor, pembuatan film tipis dengan proses sol-gel menggunakan *spin coating*, pirolisis dan *annealing*. Peralatan yang digunakan ada beberapa macam yaitu *spin coating*, *furnace* dan evaporator. Untuk melihat sifat fisik dan sifat listriknya dilakukan karakterisasi. Pada bagian ini akan dijelaskan tentang semua kegiatan penelitian yang dilakukan.

A. Sintesis Precursor

Precursor disintesis dengan metode sol-gel dengan menggunakan peralatan gelas standar laboratorium. Bahan pembentuk prekursor SBT yang digunakan adalah *Strontium acetate* 99,995%, *Bismuth acetate* 99,99% dan *Tantalum (V) Ethoxide* 99,98%. Untuk pelarut digunakan *2-methoxyethanol* 99,3%, dan *acetic acid* 100%. Jumlah prekursor yang dibuat adalah 10 ml. Kosentrasi

prekursor SBT yang digunakan adalah 0,1M (sama dengan yang dilakukan pada penelitian PEKERTI 2005). Cara pembuatan prekursor SBT dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Cara pembuatan prekursor SBT

Jumlah zat yang dibutuhkan untuk SBT 0,1 M sebanyak 10 ml dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Jumlah zat yang dibutuhkan untuk 10 ml SBT 0,1M

No	Nama zat	Konsentrasi 0.1 M
1	<i>Strontium acetate</i>	0,2056 gr
2	<i>Bismuth acetate</i>	0,7722 gr
3	<i>Tantalum (V) Ethoxide</i>	0,2588 gr

B. Penumbuhan Film Tipis SBT dengan Teknik CSD

Sebelum penumbuhan film tipis dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pra penumbuhan berupa pemotongan dan pencucian substrat. Selanjutnya baru dilakukan penumbuhan dengan menggunakan *spin coating*. Film yang telah ditumbuhkan dipyrolysis kemudian baru diannealing.

1. Pra penumbuhan

Pra penumbuhan film tipis terdiri dari pemotongan dan pencucian substrat. Substrat yang digunakan adalah Silicon (100) tipe-p. Pemotongan substrat dilakukan menggunakan pemotong dengan ujung intan dengan ukuran 2 cm x 2 cm.

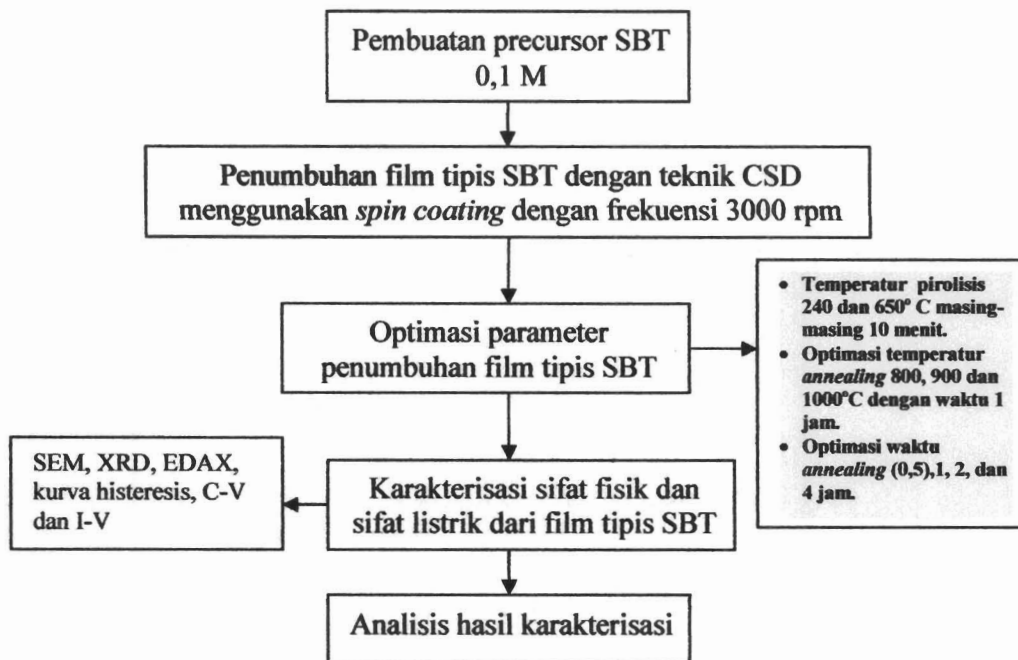
Pencucian dilakukan dengan aseton, methanol, DI water dan HF. Pencucian dengan aseton dan methanol adalah untuk menghilangkan kotoran yang berupa bahan-bahan organik sedangkan HF bersifat mengikis substrat seandainya masih ada zat-zat anorganik yang menempel.

2. Penumbuhan film tipis SBT

Karena Penelitian Hibah Bersaing pada tahun I (2007) merupakan kelanjutan dari penelitian PEKERTI 2005 maka optimasi yang dilaksanakan direncanakan merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya. Dari penelitian sebelumnya diperoleh frekuensi putar *spin coating* yang optimum yaitu 3000 rpm, sehingga untuk penelitian Hibah Bersaing digunakan frekuensi optimum ini.

Semula direncanakan akan dilakukan optimasi parameter penumbuhan yaitu berupa optimasi jumlah aliran gas O₂ saat *annealing*, optimasi suhu saat pirolisis, dan optimasi waktu *annealing*. Namun karena program pada *furnace* yang biasa digunakan sedang rusak maka tidak semua optimasi dapat dilakukan seperti rencana semula.

Pada penelitian ini *Furnace* pengganti yang digunakan tidak dapat dialiri gas Oksigen sehingga optimasi jumlah aliran gas O₂ saat *annealing* tidak dapat dilaksanakan. Karena lingkungan saat *annealing* sudah berbeda dari penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) maka optimasi parameter penumbuhan terpaksa diulangi kembali. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan kembali optimasi temperatur *annealing*, selanjutnya baru dilakukan optimasi waktu *annealing*. Temperatur *annealing* yang digunakan tetap seperti sebelumnya yaitu 800, 900 dan 1000°C dengan waktu 1 jam. Pelaksanaan yang sesuai dengan rencana semula adalah melakukan pirolisis dengan temperatur yang didasari oleh hasil karakterisasi DTA/TGA yaitu 240°C dan 650°C. Langkah penelitian yang akan dilakukan terhadap film tipis SBT dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini



Gambar 4.2. Langkah penelitian untuk film tipis SBT

Dalam rangka mengambil keputusan dari hasil optimasi penumbuhan, digunakan analisis sifat fisik dan sifat listrik.

C. Optimasi parameter penumbuhan

1. Optimasi temperatur *annealing*

Temperatur *annealing* yang digunakan adalah 800°C, 900°C, dan 1000°C, sedangkan waktu *annealing* adalah 1 jam. Film yang didapatkan dianalisis melalui karakterisasi sifat fisik yaitu XRD, SEM dan EDAX. Diharapkan melalui peninjauan sifat fisik diperoleh temperatur *annealing* optimum. Indikator film yang dihasilkan adalah memiliki permukaan yang mulus, tidak porositas, *grain size* besar, film mengandung semua unsur penyusun prekursoranya (stoikiometri) dan memiliki puncak-puncak XRD yang tinggi.

Parameter penumbuhan film tipis SBT untuk optimasi temperatur *annealing* secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Parameter penumbuhan film tipis SBT

No	Jenis Parameter	Besar Parameter
1	Konsentrasi prekursor:	0.1 M
2	Struktur film tipis:	MFM dan MFS
3	Putaran <i>Spin Coating</i> :	3000 rpm,
4	Temperatur <i>annealing</i> :	800, 900 dan 1000°C, 1jam
5	Pra pemanasan (pirolisis) film tipis SBT	240°C dan 650 °C, masing-masing 10 menit
6	Lingkungan <i>annealing</i>	Udara luar (lingkungan atmosfer)
7	Kenaikan suhu <i>annealing</i>	4°C / menit
8	Penurunan suhu <i>annealing</i>	Alamiah

2. Optimasi Waktu *annealing*

Dari suhu *annealing* optimum yang didapatkan, selanjutnya dilakukan optimasi waktu *annealing*. Waktu *annealing* yang digunakan adalah (0,5), 1, 2, dan 4 jam. Sedangkan parameter penumbuhan lainnya tidak berubah.

Selanjutnya film yang ditumbuhkan ini dianalisis sifat fisik dan sifat listriknya. Analisis sifat fisik dilakukan dengan melakukan karakterisasi SEM, EDAX dan XRD. Sifat listrik dilihat melalui karakterisasi kurva isteresis, kurva C-V dan I-V.

D Melakukan Karakterisasi

1. Karakterisasi sifat fisik film SBT

Sifat fisik diketahui melalui hasil SEM, EDAX dan XRD. SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan analisis permukaan. Prinsip kerja SEM adalah *scanning* yang berarti bahwa berkas elektron “menyapu” permukaan *speciment* titik demi titik dengan sapuan membentuk baris demi baris, mirip seperti gerakan mata membaca. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan oleh titik pada permukaan selanjutnya ditangkap oleh SE *detector* yang kemudian diolah dan ditampilkan pada layar komputer, sehingga didapatkan citra permukaan *speciment* pada layar komputer.

SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari film tipis yang diteliti, baik untuk permukaannya maupun penampang melintangnya. Dengan melihat morfologi permukaan dapat diketahui kehalusan film yang terbentuk, *grain size* film hasil dideposisi. Dari penampang melintangnya dapat diketahui ketebalan dari film tipis yang terbentuk.

EDAX berfungsi untuk mengetahui komposisi bahan film tipis yang dihasilkan. Hasil EDAX dapat dibandingkan dengan kandungan zat yang ada pada *precursors*nya. Dengan kata lain melalui hasil EDAX dapat diketahui stoikiometri dari film tipis yang terbentuk. Peralatan yang digunakan untuk SEM dan EDAX adalah merk JOEL seri JSM-35C buatan Jepang yang terdapat pada P3GL Bandung.

Difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari film tipis yang ditumbuhkan. Dari analisis hasil XRD dapat ditentukan parameter kisi masing-masing sampel seperti bidang kristal, sudut 2θ dan intensitas puncak yang dihasilkan. Suryanarayana (1998) menyatakan bahwa bidang kristal yang mempunyai orientasi yang sama akan menghasilkan sudut 2θ yang sama sehingga hasil difraksi sinar-X membentuk sinar-sinar yang sejajar, sehingga bila ditangkap oleh detector akan menghasilkan intensitas yang tinggi. XRD dilakukan di Jurusan Geologi ITB Bandung, dengan peralatan merk Diano type 2100E menggunakan target Cu dengan panjang gelombang $1,54056 \text{ \AA}$.

2. Karakterisasi sifat listrik film tipis SBT

Karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan menggunakan kurva histeresis, dan kurva I-V. Dalam pengujian sifat listrik berupa kurva histeresis digunakan film dengan struktur MFM, sedangkan untuk kurva I-V digunakan film dengan struktur MFS (Auciello et al, 1998; Kurnia dkk, 2001). Untuk karakterisasi sifat listrik perlu dilakukan metalisasi terhadap permukaan film. Pada penelitian ini digunakan bahan perak (Ag). Metalisasi dilakukan menggunakan *evaporator* dengan teknik masker dengan luas (A) sekitar 1 mm^2 .

Kurva histeresis digunakan untuk melihat kuat medan *coersive* (E_C), polarisasi saturasi (P_S) dan polarisasi yang tersisa setelah medan listriknya nol atau

polarisasi *remnant* (P_r). Karakterisasi kurva histeresis dilakukan dengan menggunakan *RT66A Standardized Ferroelectric Test System* yang ada di laboratorium Fismatel Fisika ITB.

Untuk pengukuran kurva histeresis seharusnya digunakan struktur film MFM, dengan bahan ferroelektrinya terletak diantara 2 lapisan metal yang dikenal dengan struktur kapasitor keping sejajar. Namun dalam penelitian ini hal tersebut tidak dapat dibuat sebab disaat penelitian sedang jalan, *furnace* yang digunakan mengalami kemacetan sehingga tidak dapat digunakan lagi. Untuk mengatasinya diusahakan membuat devais dari film yang ada yaitu berasal dari film yang langsung berada diatas substrat. Dengan mengikis sebagian film lalu dilakukan metalisasi. Bentuk devais yang dibuat adalah seperti Gambar 4.3 berikut.



a. Struktur MFM yang seharusnya b. Struktur MFM yang digunakan

Gambar 4.3. Devais untuk mengukur kurva histeresis
(Ket: Biru = Substrat; Kuning = metal; Abu-abu = Film tipis SBT)

Untuk mendapatkan konstanta dielektrik salah satu cara adalah menggunakan kurva C-V. Namun pengukuran kurva C-V tidak jadi dilakukan di PAU ITB sebab peralatan yang biasa digunakan mengalami kerusakan pada programnya. Oleh sebab itu untuk mendapatkan konstanta dielektrik digunakan data yang terdapat pada kurva histeresis saja.

Sesuai dengan bentuk devais yang diukur maka kapasitansi yang terukur pada data kurva histeresis adalah harga efektif, sehingga konstanta dielektrik yang dihitungpun adalah harga efektif (K_{ef}), yang merupakan gabungan K silicon dan K SBT. Oleh sebab itu K_{ef} yang diperoleh harus dikurangi dengan K silicon. Untuk mencari K_{ef} dapat digunakan rumus (*RT66A Standardized Ferroelectric Test System V2.1 Operating Manual, Radiant technologies, 1992*)

$$K_{ef} = (C_{ef} \times \text{Thickness}) / (\epsilon_0 \times \text{Area}) \dots\dots\dots (1)$$

Dengan Thickness = ketebalan film, Area = luas kontak.

Karakterisasi sifat listrik berikutnya adalah berupa kurva I-V. Dari kurva I-V dapat diketahui batas penggunaan tegangan yang aman untuk film tipis SBT dengan indikasi arus bocor pada film masih kecil atau masih dalam toleransi. Selain itu dari kurva I-V yang diketahui sifat kontak yang dihasilkan oleh metal yang digunakan sebagai kontak. Untuk kurva I-V pengukuran dilakukan di laboratorium Instrumentasi Fisika ITB dengan alat I-V meter.

E. Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dibagi atas 2 bagian yaitu analisis sifat fisik dan analisis sifat listrik.

1. Analisis sifat fisik film tipis SBT.

Analisis sifat fisik yang ingin diketahui terdiri dari 3 macam yaitu morfologi, struktur kristal dan stoikiometri bahan. Morfologi dilihat dari hasil SEM, struktur kristal dari hasil XRD dan stoikiometri dari hasil EDAX.

Morfologi film tipis yang diteliti adalah berupa *grain size*, ketebalan dan kehalusan film, hal ini dapat diketahui melalui hasil SEM. Suatu film yang baik biasanya mempunyai *grain size* yang besar, homogen dan tidak mengalami porositas (filmnya tidak berlubang-lubang). Selain itu penampang lintangnya halus dan mempunyai ketebalan yang merata.

Mikro struktur yang ingin diketahui adalah bidang kristal yang terjadi dan konstanta kisi. Selain itu juga perlu dilihat intensitas puncak-puncak yang terjadi pada bidang kristal yang ada. Bila intensitas puncak-puncaknya tinggi, berarti pembentukan kristal pada film yang ditumbuhkan sudah baik. Hal ini mengungkapkan bahwa orientasi struktur kristalnya sudah banyak yang searah.

Konstanta kisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan Bragg berikut ini (Cullity, 1978)

$$2d_{hkl} \sin\theta = n\lambda \dots\dots\dots (2)$$

Karena struktur kristal SBT berbentuk orthorombik maka untuk mencari harga *d* (jarak antara bidang pada kristal) berlaku rumus (Suryanarayana et al, 1998)

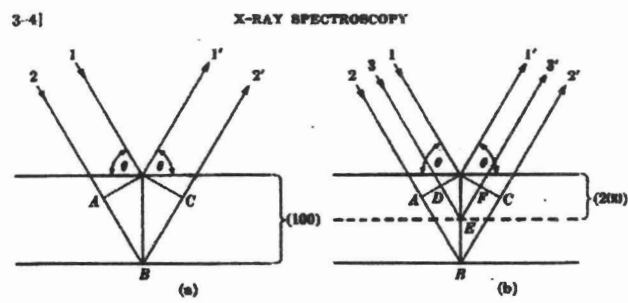
$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \dots\dots\dots (3)$$

Harga konstanta kisi a, b dan c dapat diketahui dengan menggunakan metoda Cramer dengan menggunakan hubungan berikut.

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana ; $A = \frac{\lambda^2}{4a^2}$; $B = \frac{\lambda^2}{4b^2}$; $C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$ (5)

Skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Difraksi sinar-X (XRD)

Stoikiometri suatu bahan merupakan gambaran jumlah kandungan unsur-unsur yang ada pada film, hal ini dapat diketahui melalui hasil EDAX. Suatu film yang baik akan memiliki kandungan bahan yang sama dengan bahan pembentuknya. Untuk penumbuhan dengan metoda CSD kandungan unsur yang ada pada film harus sesuai dengan precursornya.

2. Analisis sifat listrik film SBT.

Sifat listrik yang dianalisis adalah sifat ferroelektrik, kapasitansi dan konstanta dielektrik serta kebocoran arus yang terjadi pada film SBT. Sifat ferroelektrik dapat diketahui dari kurva histeresis, kapasitansi dan konstanta dielektrik didapatkan dari data histeresis, sedangkan kebocoran arus dilihat melalui kurva I-V.

Melalui kurva histeresis dapat dianalisis sifat ferroelektrik dengan melihat harga polarisasi saturasi (P_S) dan polarisasi remnant (P_r). Suatu bahan ferroelektrik yang baik akan mempunyai jendela histeresis yang besar dan harga P_r yang tidak terlalu rendah dibanding harga P_S . Selain itu juga dapat diketahui respon dari film terhadap penggunaan medan listrik saat polarisasi switching atau kuat medan listrik *coersive* (E_C).

Kapasitansi dan konstanta dielektrik dari film SBT dicari dari data-data kurva histeresis dan dari kurva C-V. Suatu bahan ferroelektrik yang baik, bila digunakan untuk bahan dielektrik suatu kapasitor haruslah mempunyai kapasitansi dan konstanta dielektrik yang tinggi. Konstanta dielektriknya dicari dengan menggunakan rumus 6 pada bab II.

Dengan menggunakan kurva I-V dapat dilihat batas penggunaan tegangan yang diizinkan agar tidak terjadi kebocoran arus pada film BST. Hal ini dapat dilihat melalui kurva dengan menggunakan skala log. Bila kurva yang dihasilkan mempunyai kemiringan positif terhadap kenaikan potensial berarti belum terjadi kebocoran arus, tapi bila kurva yang dihasilkan sudah mendatar berarti telah terjadi kebocoran arus pada film. Potensial saat arusnya tepat mulai mendatar, merupakan batas potensial yang diizinkan untuk digunakan.

Dari analisis terhadap hasil karakterisasi sifat fisik dan sifat listrik film tipis SBT, dapat diketahui apakah bahan film SBT yang ditumbuhkan dengan metode *spin coating* pada penelitian Hibah Bersaing tahun I mempunyai kualitas yang lebih baik atau tidak dari hasil penelitian PEKERTI tahun II (2005). Bila sifat listriknya sudah baik maka bahan SBT ini dapat digunakan sebagai dielektrik pada kapasitor yang ada dalam memori ferroelektrik (FRAM) atau dapat digunakan untuk keperluan lainnya sesuai dengan sifat listrik yang dimilikinya.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan hasil penelitian sesuai dengan tujuan dan metoda penelitian yang telah ditetapkan. Selanjutnya akan dibahas secara ringkas hasil karakterisasi sifat fisik dan sifat listrik yang diperoleh melalui beberapa optimasi parameter penumbuhan. Optimasi parameter penumbuhan yang dilakukan berupa optimasi metode annealing yaitu temperatur *annealing* dan waktu *annealing*.

A. Hasil penelitian

1. Optimasi Temperatur *Annealing*

Temperatur *annealing* yang digunakan pada penelitian ini adalah 800°, 900° dan 1000°C. Untuk mengetahui film yang memiliki temperatur optimum dilakukan karakterisasi sifat fisik saja berupa SEM dan XRD sebab hal ini sudah merupakan pengulangan dari penelitian sebelumnya. Pengulangan optimasi temperatur *annealing* dilakukan karena lingkungan yang mempengaruhi proses *annealing* berbeda dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005), *annealing* dilakukan dengan menggunakan gas O₂ sebanyak 100 sccm, sedangkan pada penelitian ini O₂ diperoleh dari lingkungan atmosfer atau udara luar saja. Film yang memiliki temperatur optimum akan digunakan pada optimasi selanjutnya yaitu berupa optimasi waktu *annealing*.

Parameter penumbuhan film tipis SBT pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1.

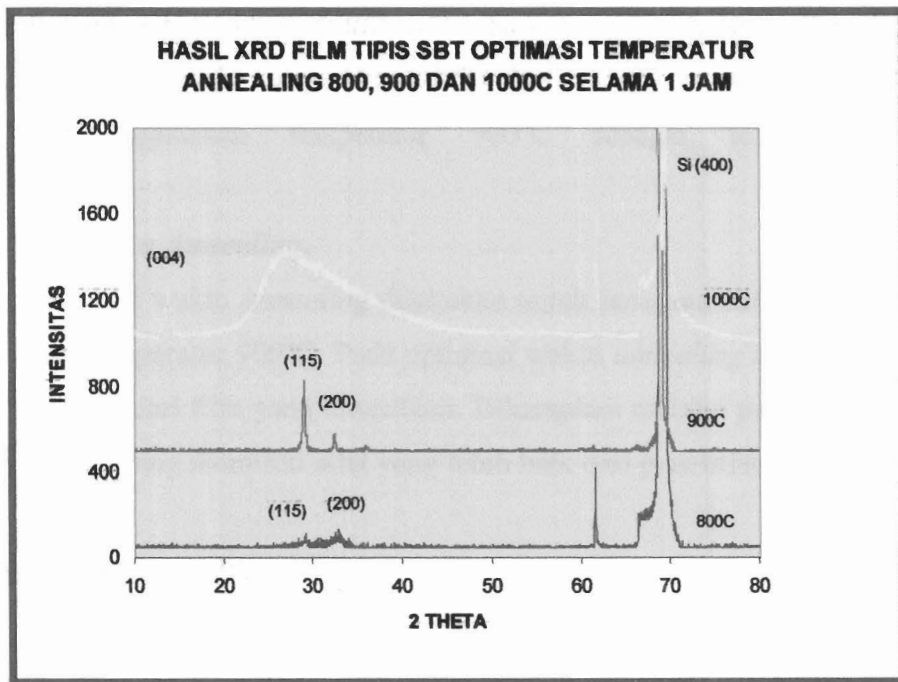
Tabel 5.1. Parameter penumbuhan film tipis SBT.

No	Jenis Parameter	Besar Parameter
1	Konsentrasi prekursor	0.1 M
2	Struktur film tipis	MFS dan MFM
3	Temperature <i>annealing</i>*	800°, 900° dan 1000°C
4	Pra pemanasan (pirolisis)	240°C, dan 650°C masing-masing 10 menit
5	Lama <i>annealing</i>	1 jam

Dari Gambar 5.2 terlihat bahwa permukaan film pada temperatur 800°C belum memiliki *grain size* sedangkan pada 900° dan 1000°C sudah ada *grain sizenya* sekitar 0,1 µm untuk 900°C dan 0,1 – 0,3 µm untuk 1000°C. Namun bentuknya belum begitu jelas. Dari ketiga variasi temperatur *annealing* terlihat bahwa film yang lebih homogen terjadi pada temperatur 900°C. Sedangkan pada 1000°C selain tidak homogen terlihat porositasnya lebih besar dibanding butir yang terbentuk.

b. Hasil XRD film tipis SBT untuk variasi temperatur *annealing*

Optimasi temperatur *annealing* pada film tipis SBT memberikan kurva hasil XRD seperti Gambar 5.3.

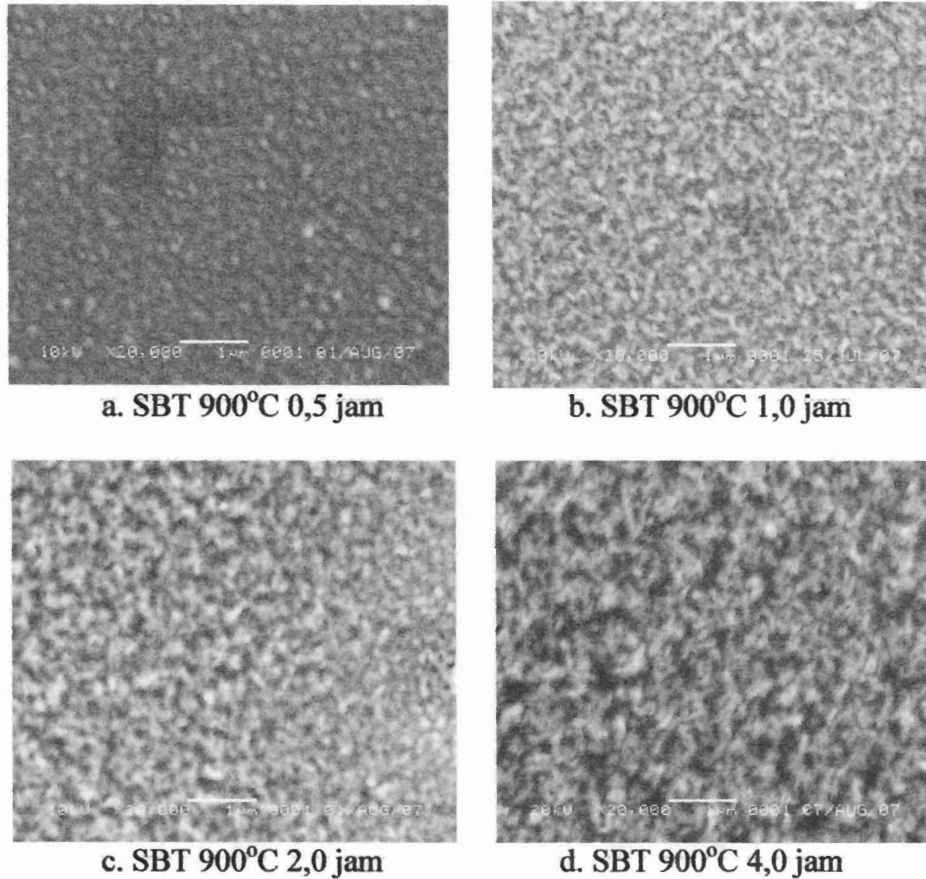


Gambar 5.3. Hasil XRD dari SBT untuk Optimasi Temperatur *Annealing*

Untuk annealing 800°C, pada film SBT terbentuk 2 buah bakal puncak yaitu pada sudut 2θ sekitar 29° dan 33° yang bersesuaian dengan bidang (115) dan (200). Pada sudut 62° dan 69° terbentuk puncak yang lebih tinggi. Sudut 2θ sekitar 69°

1). Hasil SEM film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

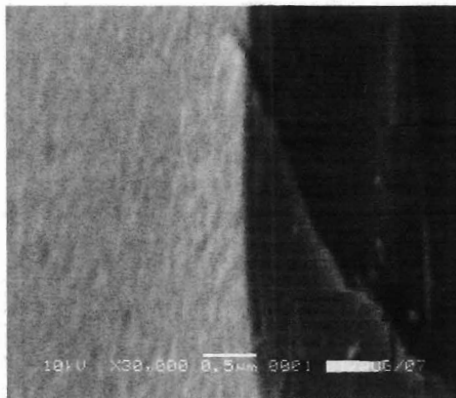
Hasil SEM dari film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing* dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan 5.5.



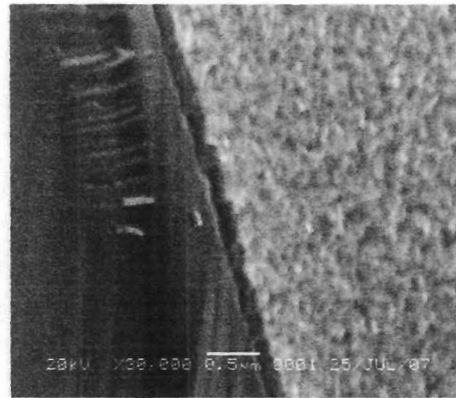
Gambar 5.4. Permukaan film tipis SBT untuk optimasi waktu *annealing*

Dari hasil SEM pada Gambar 5.4 terlihat bahwa *grain size* kristalin (besar butir) untuk waktu *annealing* (0,5), 1, 2, dan 4 jam adalah sekitar 0,1 – 0,2 μm . Makin lama waktu *annealing* bentuk butirnya semakin jelas, ukuran butir semakin besar namun porositasnya pun semakin tinggi. Bila dilihat hasil SEM permukaan film ternyata bentuk butiran yang terjadi belum kompak dan masih ada porositas antara suatu butir dengan butir yang lain.

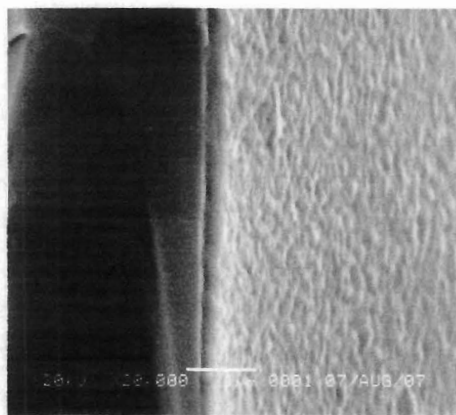
Dari hasil SEM penampang lintang (Gambar 5.5) didapatkan bahwa *interface* antara film tipis SBT dengan substrat Si (100) tipe-p melekat dengan baik. Selain itu ketebalan film yang terbentuk juga hampir sama yaitu sekitar 0,2 μm . Berarti ketebalan film tidak dipengaruhi oleh waktu *annealing*.



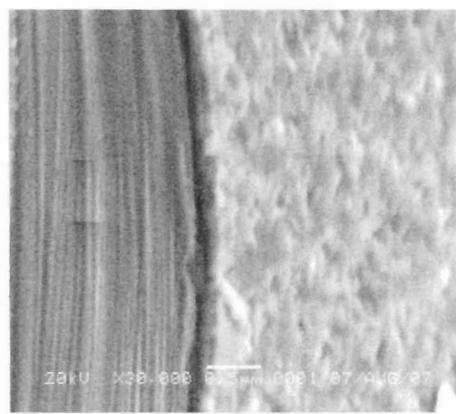
a. SBT 900°C 0,5 jam



b. SBT 900°C 1 jam



c. SBT 900°C 2,0 jam



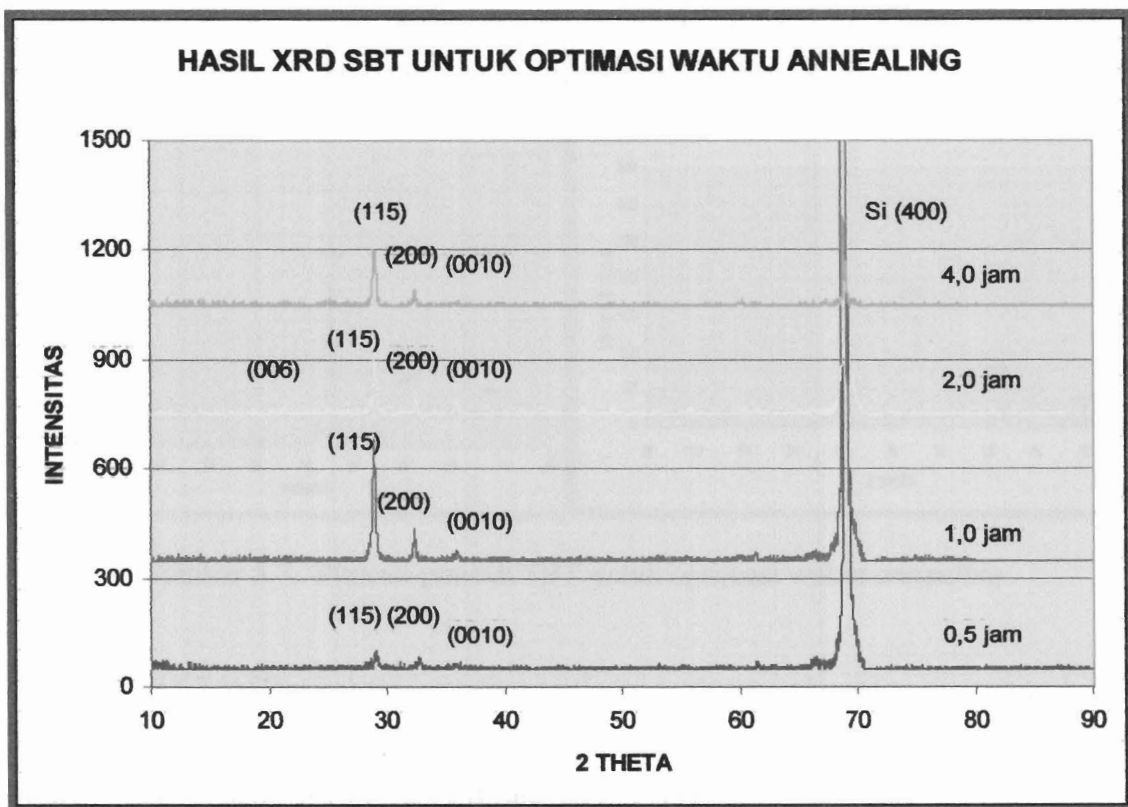
d. SBT 900°C 4,0 jam

Gambar 5.5. Penampang lintang SBT untuk optimasi waktu *annealing*

2). Hasil XRD film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

Hasil XRD dari film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing*, dapat dilihat pada Gambar 5.6. Dari Gambar 5.6 tersebut terlihat bahwa puncak-puncak yang terjadi adalah sama, namun intensitas yang dihasilkan tidak sama. Ini berarti bahwa waktu *annealing*

mempengaruhi proses rekristalisasi yang terjadi dan terlihat dalam bentuk intensitas puncak yang ada. Dari 4 macam variasi waktu annealing, jumlah puncak yang terbanyak terjadi pada annealing 2 jam. Untuk ini jumlah puncak yang terjadi ada 5 buah, 4 diantaranya milik SBT dan 1 milik Substrat. Sedangkan untuk yang lainnya hanya ada 3 puncak milik SBT dan 1 milik substrat. Ketiga puncak ini sama untuk semua variasi waktu *annealing*.



Gambar 5.6. Hasil XRD SBT untuk optimasi waktu *Annealing*

Puncak-puncak hasil XRD dari Gambar 5.6 dapat dibuat lebih jelas dengan mengambil bagian yang mengandung puncak SBT saja. Untuk lebih jelas pada bagian berikut akan dicuplik puncak-puncak film tipis SBT untuk *annealing* pada temperatur 900°C dengan waktu *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam.

		(29,03)	(115)	207	
		(32,47)	(200)	56	
		(36,01)	(0010)	52	
4	4 jam	(29,05)	(115)	154	29,17 – 28,85 = 0,32
		(32,43)	(200)	45	
		(35,99)	(0010)	13	

Hasil XRD film tipis SBT memperlihatkan bahwa puncak yang terbentuk ada beberapa buah, hal ini menandakan bahwa kristal yang terjadi berupa polikristalin. Puncak (115) pada *annealing* 0,5 jam adalah yang terendah dan pada 1 jam adalah yang tertinggi. FWHM yang terkecil terjadi pada waktu *annealing* 1 jam karena pada saat ini puncak yang terjadi adalah yang tertinggi.

Berdasarkan puncak yang tampak pada hasil XRD, selanjutnya dapat ditentukan konstanta kisi dari SBT dengan metode Cramer menggunakan rumus 2, 3 4 dan 5 yang ada pada bab III. Berdasarkan harga FWHM dapat dicari ukuran butir dengan menggunakan rumus 6 pada bab II. Hasil pengolahan data dari konstanta kisi dan ukuran butir dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3. Ukuran butir dan konstanta kisi SBT untuk optimasi waktu *annealing*

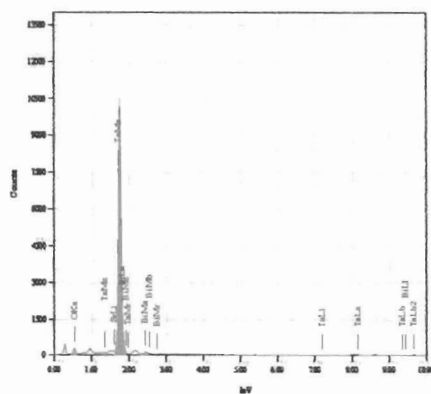
NO	WAKTU ANNEALING	FWHM	UKURAN BUTIR	KONSTANTA KISI
1	0,5 jam	0,32	4,480 nm	a = 5,4741 Å b = 5,5514 Å c = 25,840 Å
2	1 jam	0,22	6,509 nm	a = 5,5267 Å b = 4,6380 Å c = 24,990 Å
3	2 jam	0,24	5,970 nm	a = 5,509 Å b = 5,5338 Å c = 25,740 Å
4	4 jam	0,32	4,477 nm	a = 5,5125 Å b = 5,541 Å c = 24,940 Å

Bila dibandingkan dengan harga konstanta kisi SBT pada data base yaitu a = 5,5306 Å, b = 5,5344 Å dan c = 24,9839 Å, ternyata harga konstanta kisi yang

mendekati harga pada data base untuk nilai a adalah pada *annealing* 1 jam, nilai b pada *annealing* 2 jam, dan nilai c pada *annealing* 1 jam. Secara keseluruhan yang banyak mendekati harga konstanta kisi pada data base adalah untuk waktu *annealing* 1 jam.

3). Hasil EDAX film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

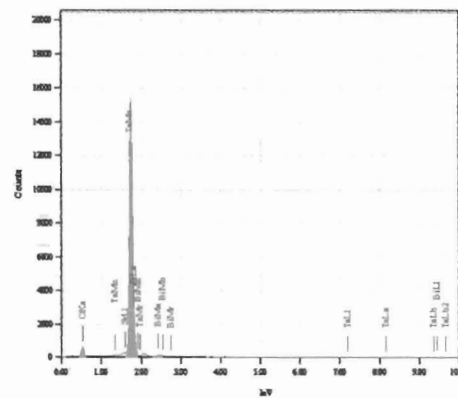
EDAX dilakukan untuk mengetahui kandungan O₂ yang ada dalam film. Hal ini dilaksanakan karena lingkungan film sewaktu *annealing* berubah dari pemberian oksigen yang terukur menjadi lingkungan udara luar. Dari penelitian sebelumnya kandungan oksigen pada film melebihi dari takaran yang diharapkan. Oleh sebab itu dilakukan EDAX untuk mengetahui pengaruh pemberian lingkungan udara luar terhadap film. Hasil EDAX dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



Element	(keV)	mass%	Error%	AF%	Compound	mass%	Calton	K
O K	0.525	1.90	0.42	10.86			1.8267	
Sr L	*							
Ta M	1.709	95.32	0.64	79.39			98.7501	
Bi M	2.419	2.70	1.42	1.95			1.8222	
Total		100.00		100.00				

Element	(keV)	mass%	Error%	AF%	Compound	mass%	Calton	K
O		17.92						
Sr L	*							
Ta M	1.709	79.95	0.65	97.74	Ta2O5	97.82	0.47	98.9990
Bi M	2.419	2.12	1.25	2.28	Bi2O3	2.39	0.22	1.6590
Total		100.00		100.00		100.00	0.69	

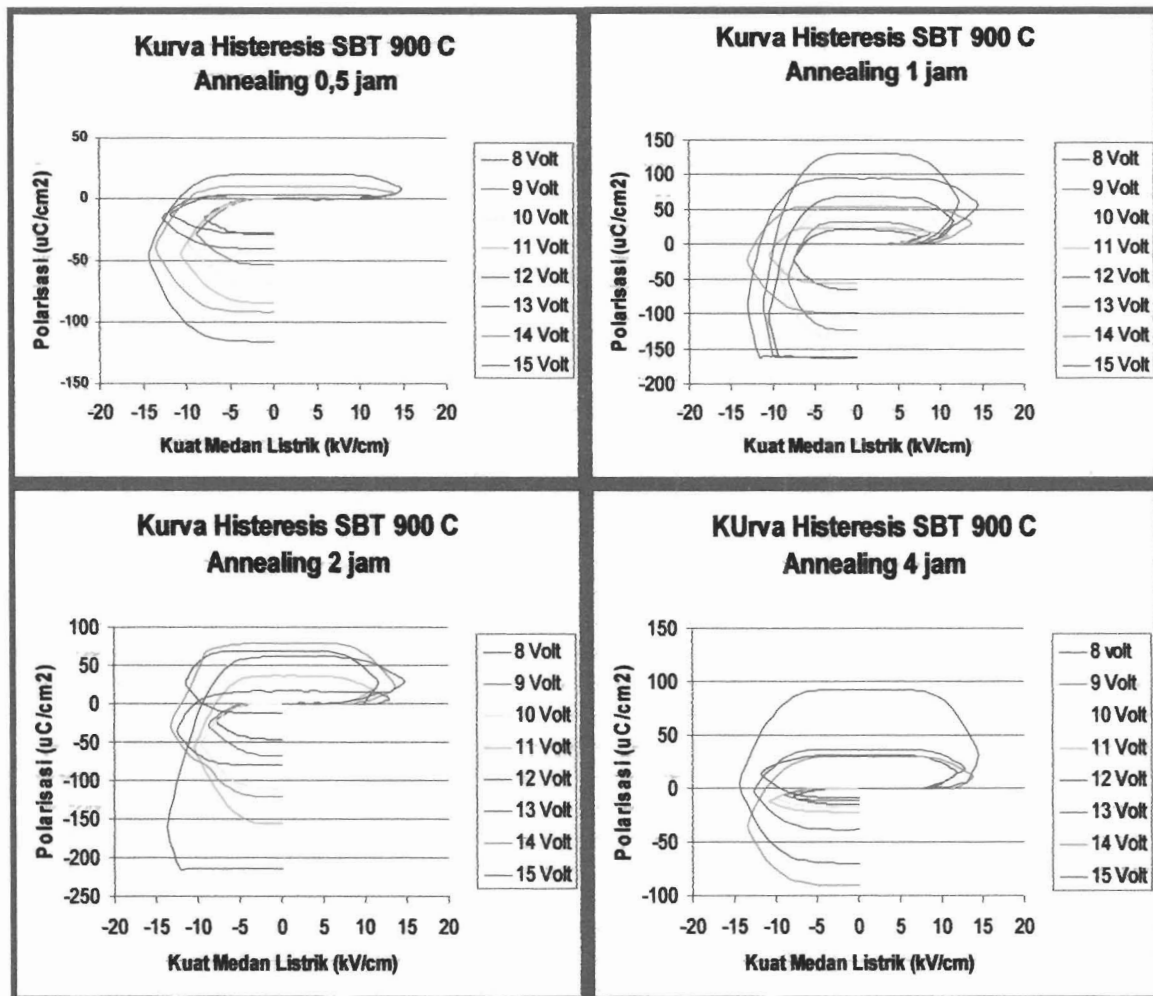
a. SBT annealing 0,5 jam



Element	(keV)	mass%	Error%	AF%	Compound	mass%	Calton	K
O K	0.525	3.18	0.41	27.94			2.5748	
Sr L	*							
Ta M	1.709	90.04	0.81	71.79			98.3833	
Bi M	2.419	1.79	1.36	1.17			1.8719	
Total		100.00		100.00				

Element	(keV)	mass%	Error%	AF%	Compound	mass%	Calton	K
O		17.99						
Sr L	*							
Ta M	1.709	80.59	0.63	96.49	Ta2O5	98.40	0.51	99.9990
Bi M	2.419	1.43	1.21	1.52	Bi2O3	1.60	0.15	1.1002
Total		100.00		100.00		100.00	0.66	

b. SBT annealing 1 jam



Gambar 5.9. Kurva histeresis SBT sebagai variasi waktu annealing.

Dari Gambar 5.9 di atas terlihat bahwa kurva histeresis yang terbentuk sudah memiliki jendela histeresis yang besar, hal ini menandakan bahwa film tipis SBT memiliki sifat ferroelektrik. Namun semua kurva histeresis tidak mencapai harga maksimum atau saturasi, sehingga harga polarisasi remanen P_r lebih besar dari polarisasi saturasi P_s . Selain itu bentuk kurva histeresis yang dihasilkan tidak simetris antara bagian atas dan bagian bawah Akibatnya harga $+P_r$ tidak sebanding dengan $-P_r$, sehingga menyulitkan untuk menentukan harga polarisasi remanen (P_r) yang sebenarnya. Diantara kurva histeresis yang ada maka bentuk kurva histeresis yang mendekati bentuk sebenarnya adalah untuk *annealing* 1 jam.

Disamping polarisasi remanen Pr, pada data kurva histeresis juga dapat diketahui kapasitansi kapasitor dari film tipis SBT. Harga Capasitansi terbesar terdapat pada polarisasi yang terbesar pula. Data lengkap dari kurva histeresis untuk penggunaan tegangan 15 volt pada annealing (0,5), 2 dan 4 jam serta 13 volt untuk annealing 1 jam, dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5.5. Data Kurva Histeresis SBT 900⁰ C untuk variasi waktu *annealing*

Waktu Annealing	Luas Kontak A (mm ²)	Tebal Film (μm)	Ec (kV/cm)	Ps (μC/cm ²)	+Pr (μC/cm ²)	-Pr (μC/cm ²)	2Pr = (+Pr) + (-Pr) (μC/cm ²)	C(nF)
0,5 jam	1	0,2	29.3	8.36	19.9	-116	135,9	0.312
1 jam	1	0,2	27.6	61,3	131	-161	292	5.5287
2 jam	1	0,2	28.5	29.3	61.5	-214	275,5	3.1536
4 jam	1	0,2	28.8	31.7	92.3	-69.5	161,8	2.7033

Dari harga kapasitansi kapasitor yang terdapat pada data di atas dapat dicari konstanta dielektrik efektif berdasarkan persamaan 1 pada Bab III. K_{ef} untuk *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam berturut-turut adalah (7,05), (124,94), (71,26) dan (61,09). Karena konstanta dielektrik film SBT merupakan K_{ef} dikurangi K_{Si} , dengan $K_{Si} = (11,9)$ maka harga konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) berturut-turut untuk *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam adalah (-4,85), (113,04), (59,63) dan (49,19).

2). Kurva I-V film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

Kurva I-V untuk variasi waktu annealing dapat dilihat pada Gambar 5.10.

kapasitansinya akan besar. Hal ini akan menghasilkan konstanta dielektrik yang besar pula.

Sesuai dengan tujuan penelitian Hibah Bersaing tahun I yaitu untuk mengetahui:

1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
2. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*.
3. Efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT.
4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V.
5. Berapakah temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini.

Maka hasil penelitian ini akan dibahas dan dikaitkan dengan tujuan di atas.

1. Pembahasan Tentang Optimasi Temperatur *Annealing*

Sesuai dengan tujuan penelitian yang pertama yaitu untuk mengetahui efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*, maka perlu dibahas hasil penelitian yang telah dilakukan. Untuk itu akan dibahas hasil SEM dan XRD yang telah dilakukan untuk variasi temperatur *annealing*. Pada bagian berikut akan dibahas secara lebih rinci satu persatu tentang hasil SEM dan XRD untuk optimasi temperatur *annealing*.

Hasil SEM film tipis SBT untuk temperatur *annealing* 800°C, belum memperlihatkan adanya butiran pada film tipis yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh energi aktivasi yang tidak mencukupi untuk membentuk kristalisasi. Sehingga atom atau molekul tidak sanggup bergerak untuk menata diri pada formasi tertentu yang dapat diamati melalui bentuk dan ukuran butir dari film yang ditumbuhkan. Gejala ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992) dan Smith (19)

yaitu proses kristalisasi meliputi pergerakan atom yang bergantung pada energi aktivasi. Sedangkan energi aktivasi bergantung pada temperatur yang digunakan.

Pada 900° dan 1000°C sudah mulai terbentuk butiran pada film tipis SBT yang ditumbuhkan. Dari hasil SEM terlihat bahwa makin tinggi temperatur maka ukuran butir makin besar, sebab energi aktivasi yang diberikan mencukupi untuk terjadinya rekristalisasi, sehingga memungkinkan untuk atom atau molekul menata diri membentuk formasi tertentu. Namun makin tinggi temperatur yang digunakan porositas semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh adanya sebagian unsur pembentuk film lepas dari ikatannya, karena kelebihan energi aktivasi. Adanya porositas akan menyebabkan film tidak homogen dan arus bocor semakin besar. Arus bocor yang tinggi tidak dikehendaki dalam pembuatan film tipis untuk dijadikan sebuah devais.

Berdasarkan hasil SEM berupa ukuran butir, porositas yang terjadi, homogenitas film dan *interface* antara film dengan substrat disimpulkan bahwa temperatur *annealing* optimal adalah pada suhu 900°C.

Perubahan temperatur *annealing* mempengaruhi hasil XRD yang dilakukan, baik pada intensitas puncak ataupun jenis puncak SBT yang muncul. Hal ini disebabkan karena pada temperatur tertentu menghasilkan energi aktivasi yang tertentu pula sehingga ukuran butir yang dihasilkan juga tertentu. Kenyataan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992), Smith (1993) dan Suryanarayana (1998) bahwa besar kecilnya energi aktivasi akan mempengaruhi bentuk dan arah pergerakan dari atom atau molekul film. Arah pergerakan akan mempengaruhi bidang kristal yang terbentuk. Banyak atau sedikitnya jumlah atom atau molekul yang memiliki orientasi bidang kristal yang sama akan mempengaruhi ukuran butir yang terjadi. Untuk ukuran butir yang besar, menandakan bahwa terdapat sejumlah besar atom atau molekul memiliki arah orientasi bidang kristal yang sama, sehingga intensitas XRD yang dihasilkan akan tinggi. Sebab sinar hasil difraksi, untuk bidang kristal yang sama akan menghasilkan sudut 2θ yang sama, sehingga hasil superposisinya memberikan intensitas yang besar pada puncak XRD

yang dihasilkan. Pada bagian berikut akan diuraikan secara ringkas pengaruh temperatur *annealing* terhadap hasil XRD.

Hasil XRD pada temperatur 800°C belum menghasilkan puncak yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya jumlah atom pembentuk film yang memiliki orientasi yang sama. Hasil ini ditunjang oleh citra SEM yang belum memperlihatkan butiran pada filmnya. Pergerakan atom atau molekul dalam menyusun diri bergantung pada energi aktivasi yang diberikan. Dari intensitas puncak yang masih rendah mengindikasikan bahwa temperatur 800°C belum mencukupi untuk terjadinya kristalisasi sehingga atom atau molekul film belum sanggup untuk bergerak membentuk orientasi bidang kristal tertentu.

Untuk temperatur 900°C, puncak yang dihasilkan cukup tinggi. Berarti pada saat ini telah ada atom atau molekul yang memiliki orientasi bidang kristal yang sama. Hal ini ditunjang oleh citra SEM yang memperlihatkan adanya butiran yang homogn. Sehingga hasil difraksi sinar X banyak yang sejajar dan menghasilkan intensitas yang cukup tinggi. Hasil ini bersesuaian dengan yang dijelaskan Suryanarayana (1998) bahwa bidang kristal yang mempunyai orientasi yang sama akan menghasilkan sudut 2θ yang sama sehingga hasil difraksi sinar-X membentuk sinar-sinar yang sejajar, sehingga bila ditangkap oleh detector akan menghasilkan intensitas yang tinggi.

Untuk 1000°C puncak yang dihasilkan seperti gunung. Hal ini mungkin disebabkan orientasi bidang kristal yang terbentuk menghasilkan sinar hasil difraksi berada pada arah yang berdekatan. Sehingga puncak hasil XRD tidak jelas atau menumpuk pada daerah tertentu.

Dari hasil XRD yang didapatkan, maka berdasarkan bentuk puncak, dan intensitas yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa temperatur *annealing* yang optimal adalah 900°C. Hal ni sesuai dengan hasil kesimpulan dari citra SEM yang didapatkan sebelumnya yaitu temperatur optimum untuk SBT adalah 900°C.

Berdasarkan hasil SEM dan XRD, secara umum dapat disimpulkan bahwa temperatur *annealing* optimum yang diperoleh sama dengan penelitian sebelumnya

(PEKERTI 2005) yaitu 900°C. Samanya temperatur optimum yang didapatkan dengan penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa penggunaan udara luar untuk mensuplai kekurangan oksigen selama *annealing* boleh dilakukan. Dengan demikian apabila *masflow control* untuk oksigen tidak ada, maka penggunaan udara luar merupakan alternatif pemecahan masalah yang memungkinkan untuk dilaksanakan.

Dengan menggunakan hasil SEM dan XRD dari penelitian ini dapat diketahui efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*, (tujuan 1), yaitu:

- Penggunaan udara luar (lingkungan atmosfer) dapat digunakan dalam penumbuhan film tipis SBT sebagai pengganti aliran Oksigen dengan jumlah tertentu. Hal ini terlihat berupa jumlah kandungan Oksigen pada film tipis SBT tidak terlalu berbeda dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005)
- Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing*, mempengaruhi ukuran butir dan porositas film tipis SBT yang ditumbuhkan. Makin tinggi temperatur *annealing* maka ukuran butir dan porositas film tipis SBT semakin meningkat. Adanya porositas akan mempengaruhi homogenitas film.
- Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* tidak mempengaruhi ketebalan film, sebab ketebalan film ditentukan oleh keadaan awal pembuatan film (sebelum *diannealing*), yaitu diputar menggunakan *spin coating* dengan frekuensi putar yang sama sebesar 3000 rpm.
- Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar selama *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dan substrat, sebab *interface* dipengaruhi oleh kesesuaian antara konstanta kisi dari film dengan substrat. Dalam penelitian ini semua film memiliki *interface* yang baik, sebab ukuran konstanta kisi dari film bersesuaian dengan substrat yaitu sekitar 5,3 Å.

2. Pembahasan Tentang Optimasi Waktu *Annealing*.

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ke 2, 3 dan 4 yaitu untuk mengetahui efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*, efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT dan efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V, maka perlu dilakukan nalisis terhadap hasil penelitian untuk variasi waktu *annealing*. Pada bagian berikut akan dibahas satu persatu sesuai dengan tujuan penelitian di atas.

Untuk mengetahui efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating* (tujuan 2) perlu dilakukan analisis terhadap hasil karakterisasi sifat fisikk yaitu SEM, XRD dan EDAX. Sedangkan untuk sifat listrik dapat dianalisis dari hasil kurva histeresis dan kurva I-V.

Berdasarkan hasil SEM terlihat bahwa untuk waktu *annealing* 0,5 jam butiran pada film belum terbentuk. Ini berarti waktu yang diberikan belum mencukupi untuk menata atom atau molekul dalam suatu formasi tertentu. Hal ini akan ikut mempengaruhi sifat listriknya.

Untuk waktu *annealing* 1, 2 dan 4 jam butiran telah terbentuk dan ukurannya semakin besar dengan bertambahnya waktu *annealing*. Namun seiring dengan kenaikan waktu *annealing*, porositas film juga semakin meningkat. Porositas ini akan mempengaruhi sifat listrik yang dihasilkan. Semakin tinggi porositas biasanya akan menyebabkan kebocoran arus semakin tinggi pula. Disamping itu porositas akan mempengaruhi polarisasi molekul yang bersifat polar karena susunannya tidak sempurna. Sehingga ada kemungkinan polaritasnya berkurang karena arah polarisasi yang saling meniadakan.

Persyaratan hasil SEM yang baik adalah film yang dihasilkan telah terkristalisasi yang ditandai dengan adanya butir kristal, homogen, ketebalan sama, dan tidak mengalami porositas. Dari citra SEM yang didapatkan, terlihat bahwa ciri-ciri ini dipenuhi oleh film dengan waktu *annealing* 1 jam. Sehingga disimpulkan

berdasarkan hasil SEM, film yang memiliki waktu *annealing* optimal adalah film tipis SBT yang di*annealing* selama 1 jam.

Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan untuk sifat fisik film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing*, didapatkan dari hasil SEM bahwa semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin tinggi. Akibatnya film yang dihasilkan semakin tidak homogen. Temuan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Wang, F (1997) bahwa waktu *annealing* merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses penumbuhan (kristalisasi) film tipis, dimana pada proses kristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali (rekristalisasi) dan waktu *annealing* akan mempengaruhi laju peningkatan kristalisasi.

Selain itu didapatkan bahwa waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan tidak mempengaruhi ketebalan film. Sebab *interface* dipengaruhi oleh kesesuaian ukuran konstanta kisi antara film dengan substrat, sedangkan ketebalan film ditentukan oleh frekuensi putar *spin coating* dan lamanya waktu putar.

Dari hasil XRD untuk variasi waktu *annealing* terlihat bahwa pada *annealing* 0,5 jam puncak yang dihasilkan masih rendah, sedangkan pada *annealing* 1 jam diperoleh puncak tertinggi. Pada *annealing* 2 jam jumlah puncak SBT bertambah dari 3 buah menjadi 4 buah, namun intensitasnya menurun. Untuk *annealing* 4 jam memperlihatkan intensitas menurun dan jumlah puncak SBT yang terjadi kembali jadi 3 buah. Hal ini memberikan indikasi bahwa bertambahnya waktu *annealing* menyebabkan gerakan atom atau molekul jadi bertambah, namun tidak semua gerakan mengakibatkan pertumbuhan kristal kearah yang optimal. Ada kalanya dengan bertambahnya waktu *annealing*, gerakan kristal menyebabkan orientasi bidang kristalnya yang semula telah tersusun dengan rapi menjadi terurai kembali atau berubah membentuk susunan yang baru. Akibatnya intensitas puncak yang semula dihasilkan telah tinggi, menjadi lebih rendah akibat bertambahnya waktu *annealing*, atau berubah menjadi puncak yang lain. Hal inilah yang terjadi pada

annealing 2 dan 4 jam. Oleh sebab itu pemilihan waktu *annealing* yang optimum perlu dilakukan agar diperoleh orientasi bidang kristal yang optimum yang dapat diamati berupa tingginya intensitas puncak XRD yang dihasilkan.

Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis bidang kristalnya. Hal ini disebabkan karena bertambahnya waktu maka semakin banyak energi yang masuk pada film sehingga makin banyak atom atau molekul yang memperoleh energi aktivasi, namun jumlah energi aktivasi setiap saat yang diterima setiap atomnya adalah sama karena temperaturnya sama. Kenyataan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992) yaitu pada proses rekristalisasi suatu bahan, waktu atau lamanya *annealing* dilakukan, merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas bahan. Hal ini dapat diperkirakan karena fluks atom sebanding dengan difusitas. Difusi adalah pergerakan atom atau molekul dalam bahan atau fluks difusi persatuan gradien konsentrasi. Hubungan antara waktu dan suhu rekristalisasi disebut hubungan Arrhenius.

Selanjutnya dengan menggunakan sudut 2θ dari hasil difraksi, diperoleh konstanta kisi yang paling mendekati harga pada data base adalah pada waktu *annealing* 1 jam yaitu $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$. Konstanta kisi dari data base adalah $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$. Harga a dan c sangat mendekati data base, namun b lebih kecil dari data base SBT. Kecilnya harga b akan mempengaruhi polarisasi spontan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Scholar (1999) yaitu SBT merupakan bahan ferroelektrik anisotropik, yang memiliki polarisasi spontan sepanjang sumbu a atau sumbu b sedangkan sepanjang sumbu c sifat ferroelektriknya sangat lemah. Bila dikaitkan dengan hasil SEM terlihat bahwa citra SEM yang paling homogen adalah pada waktu *annealing* 1 jam sehingga memungkinkan untuk menghasilkan intensitas XRD yang lebih tinggi.

Bila dikaitkan dengan penggunaan substrat Silicon tipe-p (100) (sesuai dengan tujuan penelitian ke 3) yaitu untuk mengetahui efek penggunaan substrat Silicon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT, terlihat bahwa kristal yang tumbuh

mengikuti bentuk bidang kristal substratnya seperti (006), (200), (0010). Bidang kristal yang lain adalah (115). Bidang kristal (115) merupakan bidang utama pada data base dengan persentase keberadaan 100%. Jadi substrat apapun yang digunakan, bidang kristal (115) harus ada. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) yang menggunakan substrat Si (111) tipe-p maka jumlah puncak yang sekarang lebih sedikit dari sebelumnya. Untuk substrat Silicon tipe-p (111) dihasilkan puncak SBT (006), (112), (113), (115), (210), (315) dan (337) untuk annealing 900°C selama 1 jam. Intensitas tertingginya sama dengan penelitian ini yaitu pada puncak (115). Dari 7 puncak yang ada ternyata 6 buah diantaranya mengikuti pola bidang kristal substratnya. Dari penelitian ini terlihat bahwa efek penggunaan substrat Silicon tipe-p (100) menyebabkan jumlah bidang kristal film tipis SBT lebih sedikit bila dibandingkan dengan penggunaan substrat Silicon tipe-p (111).

Berdasarkan ketinggian intensitas puncak hasil XRD, dan konstanta kisi yang dihasilkan disimpulkan waktu *annealing* optimum untuk temperatur annealing 900°C adalah selama 1 jam. Hal ini sesuai dengan yang didapatkan berdasarkan hasil SEM.

Dari hasil EDAX film tipis BST yang terlihat pada Tabel 4.4 ternyata tidak semua unsur yang ada pada prekursor juga terdapat dalam film tipis SBT. Berarti ada kandungan unsur pada film tipis yang menguap disaat proses pembuatan film terjadi yaitu Sr. Hal ini menandakan film yang terbentuk tidak stoikiometri bila dibanding dengan prekursornya. Kemungkinan lain yang menyebabkan tidak munculnya Sr adalah energi dari electron yang digunakan tidak mampu mendeteksi keberadaan Sr. Oleh sebab itu perlu penelitian lebih lanjut untuk mendeteksi keberadaan Sr.

Bila dilihat jumlah kandungan Oksigen ternyata lebih besar dari kandungan oksigen yang ada pada prekursornya. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian sebelumnya. Berarti penggunaan oksigen dari udara luar tidak terlalu mempengaruhi jumlah oksigen dalam film atau penggunaan udara luar dapat dilakukan untuk menumbuhkan film tipis SBT.

Kemungkinan lain penyebab besarnya kandungan oksigen adalah tidak terdeteksinya keberadaan Sr, sebab kontribusi Sr cukup besar yaitu sekitar 8%. Dengan tidak terdeteksinya keberadaan Sr dan kelebihan kandungan oksigen, perlu pemikiran lebih lanjut dalam pelaksanaan metode *annealing* pada penelitian berikutnya. Selain itu perlu diteliti daya tahan precursor bila disimpan dalam waktu lama. Sebab apabila prekursor telah rusak secara kimiawi, maka film yang terbentukpun tidak akan optimum. Hal ini terlihat pada hasil EDAXnya.

Sifat listrik suatu bahan sangat penting diketahui terutama jika ingin diaplikasikan pada suatu keperluan tertentu. Sifat listrik dari SBT yang ingin diketahui adalah sifat ferroelektrik yang meliputi jendela histeresis, kuat medan coersive (E_c), polarisasi saturasi P_s , polarisasi remanen P_r , dan konstanta dielektrik.

Pemanfaatan bahan ferroelektrik untuk devais elektronik seperti memori, biasanya digunakan dalam bentuk memori *non volatile*. Sifat yang dieksplorasi pada memori *non volatile* antara lain adalah nilai dielektrik yang tinggi, *switching voltage* dan polarisasi *remanent* (Uchino (2000), Araujo et al (19998), Auciello et al (1998)) Semua itu dapat diketahui melalui kurva histeresis yang dihasilkan.

Kurva histeresis yang terbentuk sudah memiliki jendela histeresis yang besar, hal ini menandakan bahwa film tipis SBT memiliki sifat ferroelektrik. Namun semua kurva histeresis yang dihasilkan bentuknya tidak sempurna. Hal ini dapat dilihat dari tidak mencapainya harga polarisasi maksimum atau saturasi. Disamping itu harga polarisasi remanen P_r lebih besar dari polarisasi saturasi P_s . Selain itu bentuk kurva histeresis yang dihasilkan tidak simetris antara bagian atas dan bagian bawah sumbu horizontalnya. Akibatnya harga $+P_r$ tidak sebanding dengan $-P_r$, sehingga menyulitkan untuk menentukan harga polarisasi remanen (P_r) yang sebenarnya.

Penyebab tidak sempurnanya bentuk kurva histeresis yang dihasilkan diperkirakan antara lain berasal dari struktur devais yang digunakan. Seharusnya devaisnya berbentuk struktur berlapis metal-ferroelektrik-metal MFM (seperti gambar 4.3^a). Namun karena keterbatasan alat, di mana furnace yang digunakan mengalami kerusakan saat penelitian berlangsung, maka bentuk struktur devais yang diperlukan

tidak dapat dibuat. Sehingga dimodifikasi (seperti gambar 4.3b). Kelemahannya adalah arus yang melewati bahan film tipis SBT harus pula melewati substrat silikon untuk dapat mencapai elektroda berikutnya. Sehingga respon bahan terhadap medan luar yang diberikan mengalami keterlambatan. Akibatnya terlihat pada bentuk kurva histeresis, di mana polarisasinya masih bertambah disaat kuat medannya telah dikurangi. Hal ini terlihat berupa harga polarisasi remanent yang lebih tinggi dari saturasinya.

Secara keseluruhan terlihat bahwa semakin besar voltase yang digunakan maka kuat medan coersive (E_C) dan polarisasi remanent P_r semakin besar. Untuk waktu *annealing* 1 jam, polarisasi terbesar terjadi pada pemberian tegangan 13 volt, sedangkan yang lainnya adalah 15 volt. Ini memperlihatkan bahwa pada *annealing* 1 jam dibutuhkan energi yang lebih kecil untuk menghasilkan polarisasi pada film tipis SBT. Berarti untuk waktu *annealing* 1 jam SBT memiliki bentuk kurva histeresis lebih ramping dan polarisasi remanent P_r lebih besar. Kurva histeresis yang demikian merupakan kurva yang diharapkan. Berarti apabila E_C lebih kecil maka dibutuhkan energi yang kecil untuk menghasilkan polarisasi yang besar sehingga penggunaan daya lebih efektif. Temuan ini juga ditunjang oleh hasil XRD dan SEM yang lebih baik dari pada lainnya. Hal ini cocok dengan yang dikemukakan Uchino (2000) dan Auciello (1998) yaitu makin besar polarisasi remanent bahan ferroelektrik maka makin baik digunakan untuk memori.

Konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) dapat dicari melalui data kurva histeresis. Harga K_{SBT} berturut-turut untuk *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam adalah (-4,85), (113,04), (59,63) dan (49,19). Harga K_{SBT} terbesar diperoleh pada temperatur *annealing* 900°C dengan waktu *annealing* 1 jam yaitu 113,04. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) konstanta dielektrik SBT adalah 66,44, maka yang didapatkan sekarang lebih tinggi dari sebelumnya. Bila dibandingkan dengan penelitian Bhattacharyya et al (2002) harga konstanta dielektrik SBT adalah antara 110 – 200, maka hasil yang diperoleh pada penelitian ini sudah berada dalam rentangan ini.

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa variasi waktu *annealing* mempengaruhi sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT. Sebab sifat listrik berkaitan dengan sifat fisik bahan. Gerakan atom atau molekul selama proses *annealing* mempengaruhi pembentukan kristal. Pembentukan kristal akan mempengaruhi polarisasi bahan SBT sekaligus mempengaruhi kapasitansi kapasitor yang diukur. Selanjutnya juga akan mempengaruhi konstanta dielektrik SBT.

Selanjutnya akan dilihat tujuan yang ke 4 yaitu untuk mengetahui efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V. Dari kurva I-V dapat dilihat tingkat kebocoran arus dari filmnya.

Pada film tipis SBT, pemberian tegangan tidak langsung menghasilkan arus. Arus mulai dihasilkan pada penggunaan tegangan 1,5 volt untuk *annealing* 0,5 jam. Pada *annealing* 1, 2 dan 4 jam, arus mulai terukur pada tegangan 2,5 volt. Berarti dari kurva I-V diketahui efek penggunaan metalisasi Ag menyebabkan film SBT memiliki tegangan barrier sekitar 1,5 sampai dengan 2,5 volt. Berarti bila menggunakan metalisasi Ag maka untuk mengaktifkan bahan ini diperlukan tegangan minimum 2,5 volt.

Selain itu terlihat hubungan antara arus dengan tegangan tidak linier. Hal ini menunjukkan hubungan antara logam Ag dengan film tipis SBT, bukan merupakan kontak ohmik. Hal ini kurang menguntungkan untuk digunakan sebagai kontak, sebab diperlukan tegangan tertentu untuk menggunakannya.

Dari Tabel 4.6 terlihat harga kebocoran arus pada kurva I-V untuk variasi *annealing* (0,5), 1, 2, dan 4 jam berturut-turut adalah $3,6 \times 10^{-3}$, $3,1 \times 10^{-4}$, $3,5 \times 10^{-3}$, $3,5 \times 10^{-3}$ Amper. Kebocoran arus terkecil terjadi pada film SBT yang di *annealing* selama 1 jam. Namun harga ini masih tergolong besar sebab persyaratan kebocoran arus yang dibolehkan adalah 10^{-7} A. Hal ini bersesuaian dengan yang dikemukakan Kentaro morito, (2001) yaitu batas kebocoran arus yang dapat digunakan pada film tipis untuk ketebalan 200 nm adalah sekitar 10^{-7} A.

Sesuai dengan tujuan 5 dari penelitian ini, maka dari optimasi temperatur dan waktu *annealing* untuk film tipis SBT didapatkan temperatur *annealing* optimum

900°C dengan waktu *annealing* optimum sebesar 1 jam. Hal ini didasari oleh sifat fisik dan sifat listrik yang dihasilkan film tipis SBT. Sifat fisik memperlihatkan bahwa diperlukan jumlah waktu tertentu untuk melakukan rekristalisasi suatu bahan dalam jumlah yang tertentu. Makin banyak jumlah suatu bahan maka jumlah atom atau molekulnya akan semakin banyak pula, sehingga makin lama waktu yang dibutuhkan untuk menata dirinya. Untuk melakukan kristalisasi secara optimum diperlukan jumlah waktu tertentu. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992) bahwa waktu *annealing* sangat mempengaruhi terhadap kesempurnaan kristalisasi dan rekristalisasi suatu bahan, walaupun suhu *annealing* dikonstantkan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan pada tujuan penelitian tahun pertama yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu untuk menentukan: 1) Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*; 2) Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating*; 3) Efek penggunaan substrat Silikon tipe p (100) terhadap penumbuhan kristal SBT; 4) Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V, dan 5) Berapakah temperatur dan waktu *annealing* optimum pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. 1. Efek variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar (lingkungan atmosfer) terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD Penggunaan udara luar (lingkungan atmosfer) dapat digunakan dalam penumbuhan film tipis SBT sebagai pengganti aliran Oksigen dengan jumlah tertentu. Hal ini terlihat berupa jumlah kandungan Oksigen pada film tipis SBT tidak terlalu berbeda dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005)

menggunakan *Spin coating* adalah sebagai berikut:

- b. Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar, mempengaruhi ukuran butir dan porositas film tipis SBT yang ditumbuhkan. Makin tinggi temperatur *annealing* maka ukuran butir dan porositas film tipis SBT semakin meningkat.
- c. Variasi temperatur *annealing* tidak mempengaruhi ketebalan film, sebab ketebalan film ditentukan oleh keadaan awal pembuatan film (sebelum *diannealing*), yaitu diputar menggunakan frekuensi putar *spin coating* yang sama sebesar 3000 rpm.

- d. Variasi temperatur *annealing* dengan menggunakan udara luar tidak mempengaruhi *interface* antara film dan substrat, sebab *interface* dipengaruhi oleh kesesuaian antara konstanta kisi dari film dengan substrat. Dalam penelitian ini semua film memiliki *interface* yang baik, sebab ukuran konstanta kisi dari film bersesuaian dengan substrat yaitu sekitar 5,3 Å.
2. Secara umum variasi waktu *annealing* mempengaruhi sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT. Sebab sifat listrik berkaitan dengan sifat fisik bahan. Gerakan atom atau molekul selama proses *annealing* mempengaruhi pembentukan kristal. Pembentukan kristal akan mempengaruhi polarisasi bahan SBT sekaligus mempengaruhi kapasitansi kapasitor yang diukur. Selanjutnya juga akan mempengaruhi konstanta dielektrik SBT. Secara lebih rinci efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik dan sifat listrik film tipis SBT dapat dilihat pada bagian berikut:
- a. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat fisik film tipis SBT dapat disimpulkan sebagai berikut:
- Semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin tinggi.
 - Waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan tidak mempengaruhi ketebalan film.
 - Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis bidang kristalnya.
 - Konstanta kisi yang paling mendekati harga pada data base adalah pada waktu *annealing* 1 jam yaitu $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$. (Harga konstanta kisi dari data base adalah $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$). Harga konstanta kisi a dan c sangat mendekati data base, namun b lebih kecil dari data base SBT.
- b. Efek variasi waktu *annealing* terhadap sifat listrik film tipis SBT adalah:

- Kurva histeresis yang terbentuk sudah memiliki jendela histeresis yang besar, hal ini menandakan bahwa film tipis SBT memiliki sifat ferroelektrik.
 - Semua kurva histeresis yang dihasilkan bentuknya tidak sempurna. Penyebab diperkirakan antara lain berasal dari struktur devais yang digunakan. Seharusnya devaisnya berbentuk struktur berlapis metal-ferroelektrik-metal MFM (seperti gambar 4.3^a). Namun karena keterbatasan alat, di mana furnace yang digunakan mengalami kerusakan saat penelitian berlangsung, maka bentuk struktur devais yang diperlukan tidak dapat dibuat. Sehingga dimodifikasi (seperti gambar 4.3b). Kelemahannya adalah arus yang ingin melewati bahan ferroelektrik harus pula melewati substrat silicon untuk dapat mencapai elektroda berikutnya. Sehingga respon bahan terhadap medan luar yang diberikan mengalami keterlambatan.
 - Konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) dapat dicari melalui data kurva histeresis. Harga K_{SBT} berturut-turut untuk waktu *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam adalah (-4,85), (113,04), (59,63) dan (49,19). Harga K_{SBT} terbesar diperoleh pada temperatur annealing 900°C dengan waktu *annealing* 1 jam yaitu 113,04. Bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (PEKERTI 2005) konstanta dielektrik SBT adalah 66,44, maka yang didapatkan sekarang lebih tinggi dari sebelumnya.
3. Efek penggunaan substrat Silicon tipe-p (100) menyebabkan jumlah bidang kristal film tipis SBT lebih sedikit bila dibandingkan dengan penggunaan substrat Silicon tipe-p (111).
 4. Efek penggunaan metalisasi Ag terhadap bentuk kurva I-V adalah:
 - a. Dari kurva I-V diketahui efek penggunaan metalisasi Ag yaitu film SBT memiliki tegangan barrier sekitar 1,5 sampai dengan 2,5 volt.

- b. Hubungan antara arus dengan tegangan tidak linier. Hal ini menunjukkan hubungan antara logam Ag dengan film tipis SBT, bukan merupakan kontak ohmik.
 - c. Kebocoran arus terkecil terjadi pada film SBT yang *dannealing* selama 1 jam. Namun harga ini masih tergolong besar sebab persyaratan kebocoran arus yang dibolehkan adalah 10^{-7} A untuk ketebalan 200 nm.
5. Dari optimasi temperatur dan waktu *annealing* untuk film tipis SBT didapatkan sifat fisik dan sifat listrik yang terbaik pada temperatur *annealing* 900°C dengan waktu *annealing* sebesar 1 jam. Jadi pada penelitian ini didapatkan temperatur *annealing* optimum 900°C dengan waktu *annealing* optimum sebesar 1 jam. Untuk kondisi ini diperoleh ukuran butir 0,1 – 0,2 μm , ketebalan film 0,2 μm , *interface* yang baik antara film dengan substrat. Konstanta kisi adalah $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$ dan konstanta dielektrik SBT (K_{SBT}) (113,04).

B. SARAN

Dari kelemahan yang didapatkan pada penelitian ini maka untuk mendapatkan film tipis SBT yang lebih optimal disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan optimasi penggunaan logam sebagai kontak seperti Cu dan Al (dilakukan pada tahun II) sebab dari yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan Au (2005) dan Ag (2007) diperoleh kelemahan yaitu Au tidak dapat melekat dengan kuat pada devais, sedangkan Ag tidak merupakan kontak ohmik.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh struktur devais terhadap bentuk kurva histeresis yang dihasilkan (dilakukan tahun II).
3. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang dayatahan precursor, sebab dari penelitian sebelumnya didapatkan bahwa film yang ditumbuhkan tidak stoikiometri dengan prekursornya (persentase kandungan unsur pembentuk film tidak sama dengan prekursornya). Untuk itu perlu dilakukan 2 hal yaitu upaya

untuk mengurangi jumlah kandungan oksigen dalam film dan upaya untuk mendeteksi keberadaan Sr.

4. Melakukan variasi komposisi bahan film tipis SBT dengan menggunakan berbagai bahan tambahan (doping) untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Araujo, Carlos Paz De, Scott, J.F and. Taylor, W.George, 1996, "*Ferroelectric Thin Film, Synthesis and Basic Properties*" Gordon and Breach Publishers, Amsterdam.
2. Auciello, O, Scott, J.F. and Ramest, R., 1998, *The Physics of Ferroelectric Memory*, Physics Today, vol 22, pp 22-27, July, 1998.
3. Bhattacharyya, S, Laha Apurba and Krupsnidhi, S.B, (Author) 2002, *Impact of Sr content on dielectric and electrical properties of pulsed laser ablated SrBi₂Ta₂O₉ thin films*, Materials Research Center, Indian Institute of Science, Bangalore-560-012, India
4. B.G Yu, at al, *The effect of annealing temperature on electrical properties of SrBi₂Ta₂O₉/insulator/Si (MFIS) structure for NDRO-type FRAM Devices*, Cryst. Res. Technol. 34.1999, pp.1197-1204.
5. Cullity,B.D , 1978, *Elements of X-ray Diffraction*, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company Inc., London
6. Darvina, Yenni. dkk. 2004, *Deposisi Film Tipis Ferroelektrik BST Dengan Teknik CSD Serta Karakterisasinya*. Laporan Penelitian HIBAH PEKERTI, Padang : UNP.
7. Darvina, Yenni. Dkk, 2005, *Sifat Ferroelektrik Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan Dengan Metode CSD Menggunakan Spin Coating*,(SEMINAR BKS PTN KE XVIII DI JAMBI Tanggal 17-19 Juli 2005)
8. Darvina Yenni, dkk, 2005, *Deposisi film tipis ferroelektrik BST dan SBT dengan teknik CSD serta karakterisasinya*, UNP (laporan Penelitian PEKERTI Th II)
9. Darvina Yenni, dkk, 2005 *The Effect Of Annealing Temperature On Electrical Properties Of Thin Film SrBi₂Ta₂O₉ (SBT) Grown By CSD Method With Spin Coating Technique*, Submit to Asian Physics Symposium (APS) December 7-8, 2005
10. Darvina Yenni, 2006, *Efek konsentrasi Prekursor Terhadap Mikro Struktur dan Komposisi Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan dengan Metode CSD*, EKSAKTA Berkala Ilmiah Bidang MIPA, Vo.I Th. VII Februari 2006.
11. Darmasetiawan, H, dkk, 2002, *Lattice Constans Analysis and Structure of Crystalline Ba_{0,5} Sr_{0,5} TiO₃ Thin Films Wsa Formed By Chemical Solution Deposition Method*, Prosiding Seminar Fisika dan Aplikasinya, Surabaya.
12. Giridharan, N.V, Jayafel, R, Ramasami, P, 2001, *Structural, Morphological and Elecrical Studies on Barium Strontium Titanate Thin Films Prepared by Sol-Gel Technique*, Cryst. Res. Technol. 36.. 1. pp. 65 – 72.
13. Jian-Gong Cheng, Jun Tang and Jun-Hao Chu, 2000, *Pyroelectric properties in sol-gel derived barium strontium titanate thin films using a highly diluted precursor solution*, Appl. Phys. Lett., Vol.77, No. 7, 14 August 2000, 1035 – 1037.
14. Kurnia, D, 1999, *Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.1, Flm Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*

15. Kurnia, D, 2000, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.2, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
16. Kurnia, D, 2001, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.3, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
17. Kentaromorito, Jjap, Sept 2001, pp 1594
18. RT66A Standardized Ferroelektric Test System V2.1 Operating Manual, Radiant technologies, 1992
19. Sha Zhu, Amane Inoue, Seigen Otani, and Eiichi Nagai. *A Non-Volatile Ferroelectric Memory*. FRAM Design Department, FRAM Devision, Semiconductor Group, Fujitsu Ltd. Japan.
20. Sigov, A.S, Vasiliev, V.A. Vorotilov, K.A., and Kochanchik, L.S. *Microstructure and Electrical Properties of CSD Barium-Strontium Titanate Films*. Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automation (Technical University), 117454 Moscow, Russia.
21. Suryanarayana, C, Grant Norton,M, 1998, *X-Ray Dyfraction A Practical Approach*, Plenum Press, New York.
22. Smith, William F, 1993, *Foundation of Materials Science and Engineering*, McGraw-Hill, Inc, Singapore.
23. Tirumala, Sridhar, 2000, *Integration of Ferroelectric Material into high Density Non-Volatile Random A Memories*, Material Science and Engineering.
24. Uchino, K. 2000, "*Ferroelectric Devices*". Marcel Dekker, Inc. New York.
25. Van Vlack, Lawrence H, terjemahan Sriati Djaprie, 1992, *Ilmu dan teknologi bahan*, Erlangga, Jakarta.
26. Wang, F, Uusimaki, A. and Leppavuori, S.1998, *Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ ferroelectric film prepared with the sol-gel process and its dielectric performance in planar capacitor structure*, J. Material Research, vol. 13 no. 5, 1998
27. <http://www.solgel technology>.

LAMPIRAN 1

Perhitungan Konstanta Kisi Film Tipis SBT dengan temperatur *annealing* 900°C

A. Untuk waktu *annealing* 0,5 jam.

$$2\theta = 29,09 \quad (115)$$

$$2\theta = 32,67 \quad (200)$$

$$2\theta = 35,87 \quad (0010)$$

dengan menggunakan rumus :

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2$$

$$\text{Dimana ; } A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad ; \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad ; \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

$$\sin^2 14,545 = A + B + 25C$$

$$\sin^2 16,335 = 4A$$

$$\sin^2 17,935 = 100C$$

Matrik Dasar

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ 1 & 1 & 25 \\ 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 \end{bmatrix}$$

$$\text{Nilai K} = \begin{bmatrix} 0,0630 \\ 0,0791 \\ 0,0948 \end{bmatrix}$$

$$\text{Determinan (D)} : 0 + 100 \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} = 100 (0 - 4) = - 400$$

Aturan Cramer :

$$A = \frac{1}{D} \left| \begin{array}{ccc|c} K & B & C & \\ \hline \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left| \begin{array}{ccc|c} 0,0630 & 1 & 25 & \\ 0,0791 & 0 & 0 & \\ 0,0948 & 0 & 100 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[0,0630 \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 10 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,0791 & 0 \\ 0,0948 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 0,0791 & 0 \\ 0,0948 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (-7,91) = 0,0198.$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \implies a = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4A}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,0198}} = 5,4741 \text{ A}^0$$

$$B = \frac{1}{D} \left| \begin{array}{ccc|c} A & K & C & \\ \hline \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left| \begin{array}{ccc|c} 1 & 0,0630 & 25 & \\ 4 & 0,0791 & 0 & \\ 0 & 0,0948 & 100 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0,0791 & 0 \\ 0,0948 & 100 \end{pmatrix} - 0,0630 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 4 & 0,0791 \\ 0 & 0,0948 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (7,91 - 25,2 + 9,48) = 0,0192525.$$

$$B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad \Rightarrow \quad b = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4B}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,0192525}} = 5,5514 \text{ \AA}$$

$$C = \frac{1}{D} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} A & B & K & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 0,0630 & \\ 4 & 0 & 0,0791 & \\ 0 & 0 & 0,0948 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0 & 0,0791 \\ 0 & 0,0948 \end{pmatrix} - 1 \begin{pmatrix} 4 & 0,0791 \\ 0 & 0,0948 \end{pmatrix} + 0,0630 \begin{pmatrix} 4 & 0,0791 \\ 0 & 0,0948 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (-0,3792 + 0,02389) = 0,0008883.$$

$$C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \quad \Rightarrow \quad c = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4C}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,0008883}} = 25,84 \text{ \AA}$$

B. Untuk waktu *annealing* 1 jam.

$$2\theta = 28,93 \text{ (115)}$$

$$2\theta = 32,37 \text{ (200)}$$

$$2\theta = 35,91 \text{ (0010)}$$

dengan menggunakan rumus :

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2$$

$$\text{Dimana ; } A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad ; \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad ; \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

$$\sin^2 14,465 = A + B + 25C$$

$$\sin^2 16,185 = 4A$$

$$\sin^2 17,955 = 100 C$$

Matrik Dasar

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ 1 & 1 & 25 \\ 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 \end{bmatrix}$$

$$\text{Nilai K} = \begin{bmatrix} 0,0156 \\ 0,0777 \\ 0,0950 \end{bmatrix}$$

$$\text{Determinan (D) : } 25 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + 100 \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} = -400$$

Aturan Cramer :

$$A = \frac{1}{D} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} K & B & C & \\ \hline \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} 0,0156 & 1 & 25 & \\ 0,0777 & 0 & 0 & \\ 0,0950 & 0 & 100 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[0,0156 \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 100 \end{pmatrix} - 1 \begin{pmatrix} 0,0777 & 0 \\ 0,0950 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 0,0777 & 0 \\ 0,0950 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} \quad (-7,77) \quad = 0,019425.$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad \Rightarrow \quad a = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4A}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,019425}} = 5,5267 \text{ A}^0$$

$$B = \frac{1}{D} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} A & K & C & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} 1 & 0,0156 & 25 & \\ 4 & 0,0777 & 0 & \\ 0 & 0,0950 & 100 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0,0777 & 0 \\ 0,0950 & 100 \end{pmatrix} - 0,0156 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 4 & 0,0777 \\ 0 & 0,0950 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (7,77 - 6,24 + 9,5) = 0,02758.$$

$$B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad \Rightarrow \quad b = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4B}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,02758}} = 4,638 \text{ A}^0$$

$$C = \frac{1}{D} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} A & B & K & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 0,0156 & \\ 4 & 0 & 0,0777 & \\ 0 & 0 & 0,0950 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0 & 0,0777 \\ 0 & 0,0950 \end{pmatrix} - 1 \begin{pmatrix} 4 & 0,0777 \\ 0 & 0,0950 \end{pmatrix} + 0,0156 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (-0,38 + 0) = 0,00095.$$

$$C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \implies c = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4C}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4,00095}} = 24,99 \text{ \AA}$$

C. Untuk waktu *annealing* 2 jam.

$$(I) 2\theta = 21,39 \quad (006)$$

$$2\theta = 29,03 \quad (115)$$

$$2\theta = 32,47 \quad (200)$$

dengan menggunakan rumus :

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2$$

$$\text{Dimana ; } A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad ; \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad ; \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

$$\sin^2 10,695 = 36 C$$

$$\sin^2 14,515 = A + B + 25 C$$

$$\sin^2 16,235 = 4 A$$

Matrik Dasar :

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ 0 & 0 & 36 \\ 1 & 1 & 25 \\ 4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Nilai K} = \begin{bmatrix} 0,0344 \\ 0,0628 \\ 0,0782 \end{bmatrix}$$

$$\text{Determinan (D)} : 36 \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} = -144 + 0 = -144$$

Aturan Cramer :

$$A = \frac{1}{D} \left| \begin{array}{ccc|c} K & B & C & \\ \hline \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-144} \left| \begin{array}{ccc|c} 0,0344 & 0 & 36 & \\ 0,0628 & 1 & 25 & \\ 0,0782 & 0 & 0 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-144} \left[0,0344 \begin{pmatrix} 1 & 25 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} - 0 \begin{pmatrix} 0,0628 & 25 \\ 0,0782 & 0 \end{pmatrix} + 36 \begin{pmatrix} 0,0628 & 1 \\ 0,0782 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-144} (0 - 0 - 2,8152) = 0,01955.$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \implies a = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4A}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,01955}} = 5,509 \text{ A}^0$$

$$B = \frac{1}{D} \left| \begin{array}{ccc|c} A & K & C & \\ \hline \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-144} \left| \begin{array}{ccc|c} 0 & 0,0344 & 36 & \\ 1 & 0,0628 & 26 & \\ 4 & 0,0782 & 0 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-144} \left[0 \begin{pmatrix} 0,0628 & 25 \\ 0,0782 & 0 \end{pmatrix} - 0,0344 \begin{pmatrix} 1 & 25 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} + 36 \begin{pmatrix} 1 & 0,0628 \\ 4 & 0,0782 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-144} (3,44 - 6,228) = 0,01936.$$

$$B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \implies b = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4B}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,01936}} = 5,5359 \text{ A}^0$$

$$C = \frac{1}{D} \left| \begin{array}{ccc|c} A & B & K & \\ \hline 0 & 0 & 0,0344 & \\ -144 & 1 & 1 & 0,0628 \\ 4 & 0 & 0,0782 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-144} \left[0 \begin{pmatrix} 1 & 0,0628 \\ 0 & 0,0782 \end{pmatrix} - 0 \begin{pmatrix} 1 & 0,0628 \\ 4 & 0,0782 \end{pmatrix} + 0,0344 \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-144} (-0,1376) = 0,0009555.$$

$$C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \implies c = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4C}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,0009555}} = 24,92 \text{ \AA}$$

D. Untuk waktu *annealing* 4 jam.

$$(II) 2\theta = 29,03 \quad (115)$$

$$2\theta = 32,47 \quad (200)$$

$$2\theta = 36,01 \quad (0010)$$

dengan menggunakan rumus :

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2$$

$$\text{Dimana ; } A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad ; \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad ; \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

$$\sin^2 14,515 = A + B + 25 C$$

$$\sin^2 16,235 = 4 A$$

$$\sin^2 18,005 = 100 C$$

Matrik Dasar :

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ 1 & 1 & 25 \\ 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 \end{bmatrix} \quad \text{Nilai K} = \begin{bmatrix} 0,0628 \\ 0,0782 \\ 0,0955 \end{bmatrix}$$

$$\text{Determinan (D)} : 25 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + 100 \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 0 \end{pmatrix} = -400$$

Aturan Cramer :

$$A = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} K & B & C \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{-400} \begin{vmatrix} 0,0628 & 1 & 25 \\ 0,0782 & 0 & 0 \\ 0,0955 & 0 & 100 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{-400} \left[0,0628 \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 100 \end{pmatrix} - 1 \begin{pmatrix} 0,0782 & 0 \\ 0,0955 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 0,0782 & 0 \\ 0,0955 & 0 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (-7,82) = 0,01955.$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4A}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,01955}} = 5,509 \text{ A}^0$$

$$B = \frac{1}{D} \begin{vmatrix} A & K & C \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{-400} \begin{vmatrix} 1 & 0,0628 & 25 \\ 4 & 0,0782 & 0 \\ 0 & 0,0955 & 100 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0,0782 & 0 \\ 0,0955 & 100 \end{pmatrix} - 0,0628 \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 100 \end{pmatrix} + 25 \begin{pmatrix} 4 & 0,0782 \\ 0 & 0,0955 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (7,82 - 25,12 + 9,55) = 0,019375.$$

$$B = \frac{\lambda^2}{4b^2} \quad \Rightarrow \quad b = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4B}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,019375}} = 5,5338 \text{ A}^0$$

$$C = \frac{1}{D} \quad \left| \begin{array}{ccc|c} A & B & K & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left| \begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 0,0628 & \\ 4 & 0 & 0,0782 & \\ 0 & 0 & 0,0955 & \end{array} \right|$$

$$= \frac{1}{-400} \left[1 \begin{pmatrix} 0 & 0,0782 \\ 0 & 0,0955 \end{pmatrix} - 1 \begin{pmatrix} 4 & 0,0782 \\ 0 & 0,0955 \end{pmatrix} + 0,0628 \begin{pmatrix} 4 & 0,0782 \\ 0 & 0,0955 \end{pmatrix} \right]$$

$$= \frac{1}{-400} (-0,382 + 0,0239) = 0,0008953.$$

$$C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \quad \Rightarrow \quad c = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4C}} = \sqrt{\frac{2,3733}{4 \cdot 0,0008953}} = 25,74 \text{ A}^0$$

Nilai Konstanta Kisi rata-rata adalah :

$$a_1 = 5,4741 \text{ \AA}^0$$

$$a_2 = 5,5267 \text{ \AA}^0$$

$$a_3 = 5,509 \text{ \AA}^0$$

$$a_4 = 5,509 \text{ \AA}^0$$

$$a_5 = 5,5125 \text{ \AA}^0$$

$$\bar{a} = 5,5063 \text{ \AA}^0$$

$$b_1 = 5,5514 \text{ \AA}^0$$

$$b_2 = 4,638 \text{ \AA}^0$$

$$b_3 = 5,5359 \text{ \AA}^0$$

$$b_4 = 5,5338 \text{ \AA}^0$$

$$b_5 = 5,541 \text{ \AA}^0$$

$$\bar{b} = 5,3600 \text{ \AA}^0$$

$$c_1 = 25,84 \text{ \AA}^0$$

$$c_2 = 24,99 \text{ \AA}^0$$

$$c_3 = 24,92 \text{ \AA}^0$$

$$c_4 = 25,74 \text{ \AA}^0$$

$$c_5 = 24,94 \text{ \AA}^0$$

$$\bar{c} = 25,286 \text{ \AA}^0$$

LAMPIRAN 2.

Mencari Ukuran Butir

Menggunakan Rumus : $L = \frac{0,9 \lambda}{FWHM \cos \theta}$ $\lambda = 1,54056$

A. Untuk waktu annealing 0,5 jam.

$$2\theta = 29,09$$

$$\theta = 14,545$$

FWHM diambil dari $\frac{1}{2}$ puncak tertinggi, yaitu pada bidang (115)

$$\begin{aligned} FWHM &= \text{sudut akhir} - \text{sudut awal} \\ &= 29,19 - 28,87 \\ &= 0,32^\circ \end{aligned}$$

$$L = \frac{0,9 \times 1,54056}{0,32 \cos 14,545} = \frac{1,386}{0,309} = 4,48 \text{ nm.}$$

B. Untuk waktu annealing 1 jam.

$$2\theta = 28,93$$

$$\theta = 14,465$$

$$\begin{aligned} FWHM &= 29,05 - 28,83 \\ &= 0,22^\circ \end{aligned}$$

$$L = \frac{0,9 \times 1,54056}{0,22 \cos 14,465} = \frac{1,386}{0,213} = 6,509 \text{ nm.}$$

C. Untuk waktu annealing 2 jam.

$$2\theta = 29,03$$

$$\theta = 14,515$$

$$\text{FWHM} = 29,15 - 28,91$$

$$= 0,24^\circ$$

$$L = \frac{0,9 \times 1,54056}{0,24 \cos 14,515} = \frac{1,387}{0,2323} = 5,97 \text{ nm.}$$

E. Untuk waktu annealing 4 jam.

$$2\theta = 29,05$$

$$\theta = 14,525$$

$$\text{FWHM} = 29,17 - 28,85$$

$$= 0,32^\circ$$

$$L = \frac{0,9 \times 1,54056}{0,32 \cos 14,525} = \frac{1,387}{0,309} = 4,477 \text{ nm.}$$

LAMPIRAN 3

Menghitung Konstanta Dielektrik

Data Kurva Histeresis SBT 900⁰ C Untuk Voltase 15 Volt

Waktu Annealing	Luas Kontak A (mm ²)	Tebal Film (μm)	Ec (kV/cm)	Ps (μC/cm ²)	+Pr (μC/cm ²)	-Pr (μC/cm ²)	C(nF)
0,5 jam	1	0,2	29.3	8.36	19.9	-116	0.312
1 jam	1	0,2	27.6	55.9	94.6	-161	5.5287
2 jam	1	0,2	28.5	29.3	61.5	-214	3.1536
4 jam	1	0,2	28.8	31.7	92.3	-69.5	2.7033

1. Konstanta dielektrik film tipis SBT untuk waktu *annealing* 0,5 jam

$$C = 0.312 \text{ nF} = 0.312 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$d = 0.2 \text{ } \mu\text{m} = 2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2$$

$$\kappa = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} = \frac{0,312 \times 10^{-9} \text{ F} \cdot 2 \times 10^{-7} \text{ m}}{8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2 \cdot 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$= \frac{6,24 \times 10^{-17}}{8,85 \times 10^{-18}}$$

$$= 7,05$$

2. Konstanta dielektrik film tipis SBT untuk waktu *annealing* 1 jam

$$C = 5,5287 \text{ nF} = 5,5287 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$d = 0.2 \text{ } \mu\text{m} = 2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$$

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{Cd}{\varepsilon_0 A} = \frac{5,5287 \times 10^{-9} \text{ F} \cdot 2 \times 10^{-7} \text{ m}}{8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2 \cdot 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \\ &= \frac{1,10574 \times 10^{-15}}{8,85 \times 10^{-18}} \\ &= 124,94 \end{aligned}$$

3. Konstanta dielektrik film tipis SBT untuk waktu *annealing* 2 jam

$$C = 3,1536 \text{ nF} = 3,1536 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$d = 0.2 \text{ } \mu\text{m} = 2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$$

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{Cd}{\varepsilon_0 A} = \frac{3,1536 \times 10^{-9} \text{ F} \cdot 2 \times 10^{-7} \text{ m}}{8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2 \cdot 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \\ &= \frac{6,3072 \times 10^{-16}}{8,85 \times 10^{-18}} \\ &= 71,26 \end{aligned}$$

4. Konstanta dielektrik film tipis SBT untuk waktu *annealing* 4 jam

$$C = 2,7033 \text{ nF} = 2,7033 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$d = 0,2 \mu\text{m} = 2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2$$

$$\kappa = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} = \frac{2,7033 \times 10^{-9} \text{ F} \cdot 2 \times 10^{-7} \text{ m}}{8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2 \cdot 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

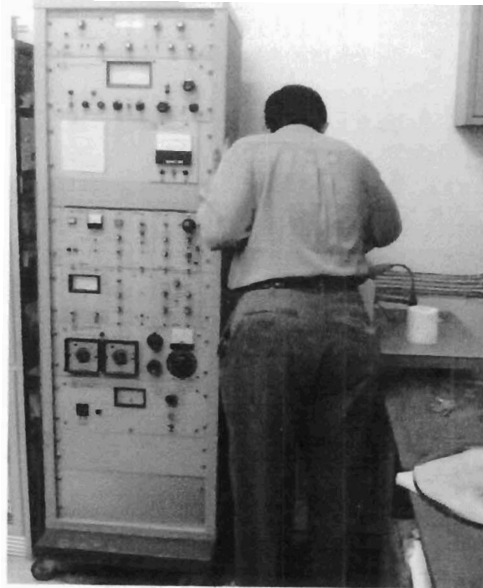
$$= \frac{5,4066 \times 10^{-16}}{8,85 \times 10^{-18}}$$

$$= 61,09$$

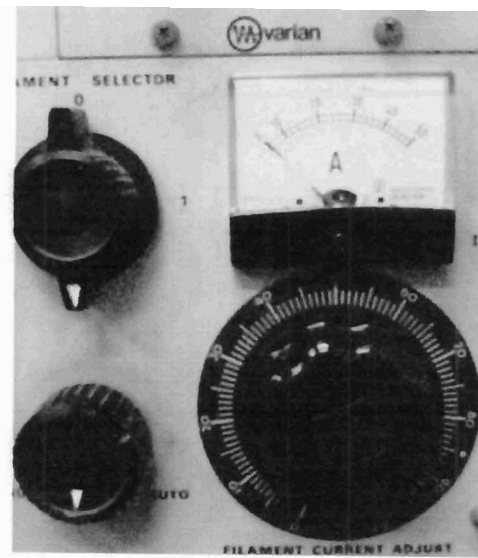
$$= 14,44$$

LAMPIRAN 4.

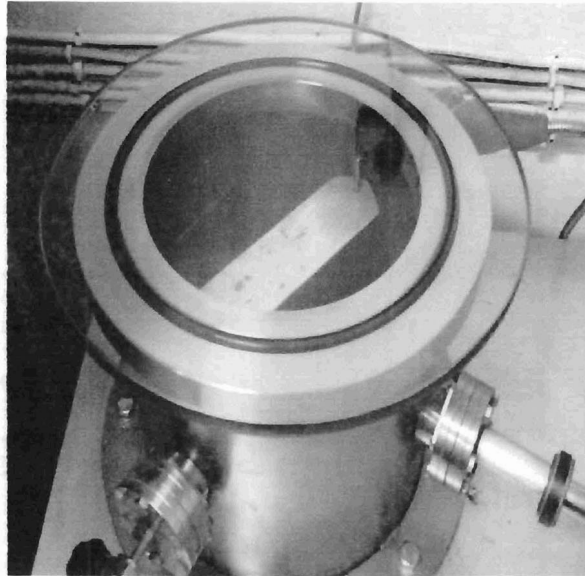
Foto kegiatan penelitian



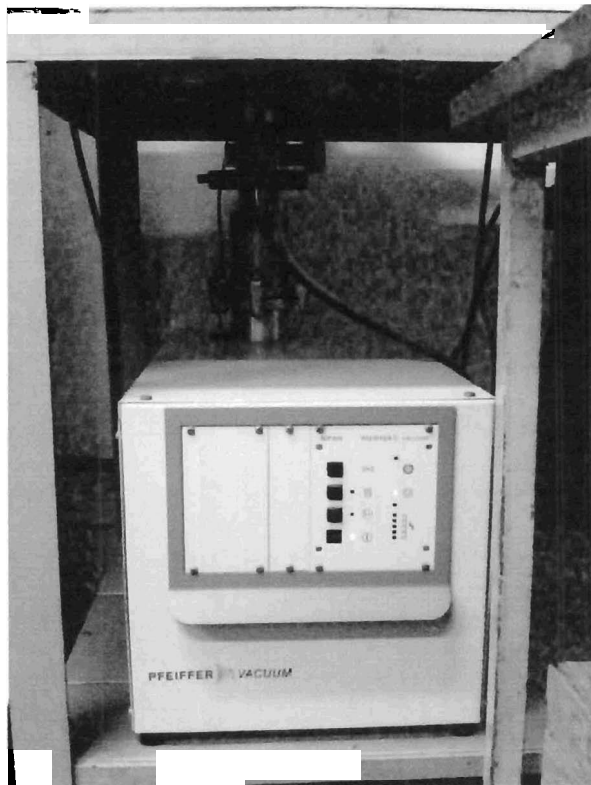
Gambar 1. Pengontrol lat evaaporasi



Gambar 2. Pengontrol arus



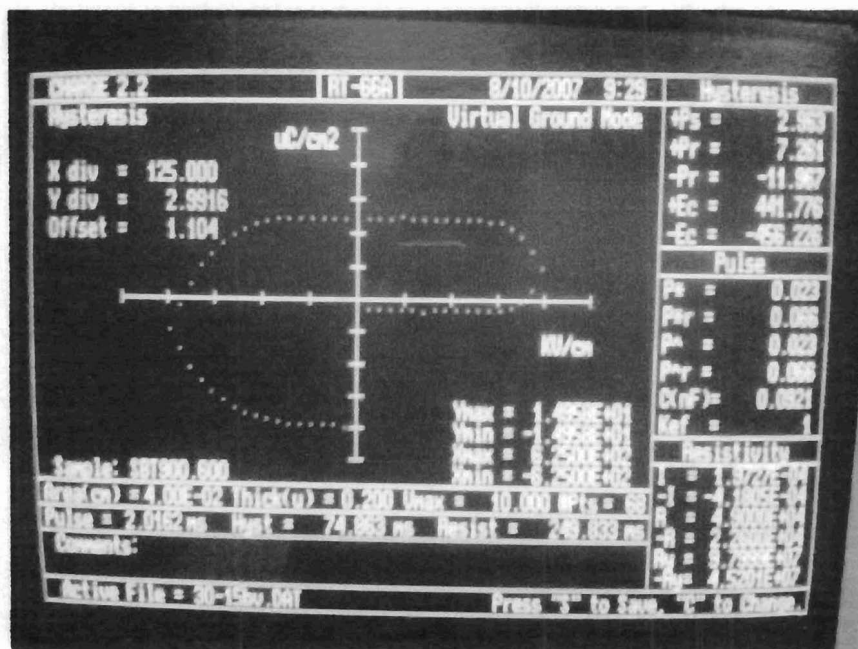
Gambar 3. Alat untuk evaporasi



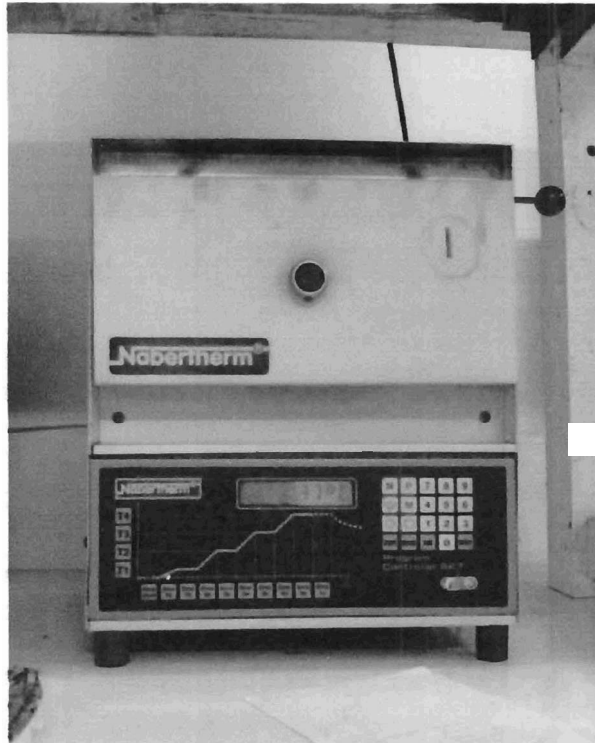
Gambar 4. Pompa vakum untuk evaporator



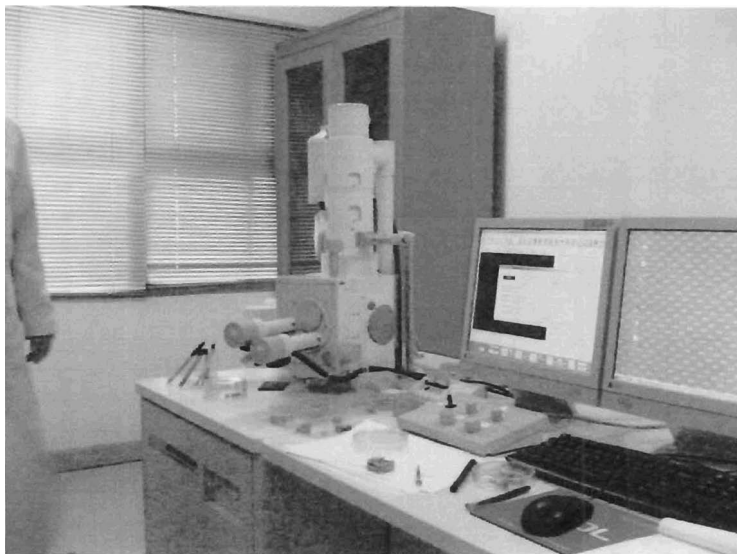
Gambar 5. Pengukuran kurva histeresis



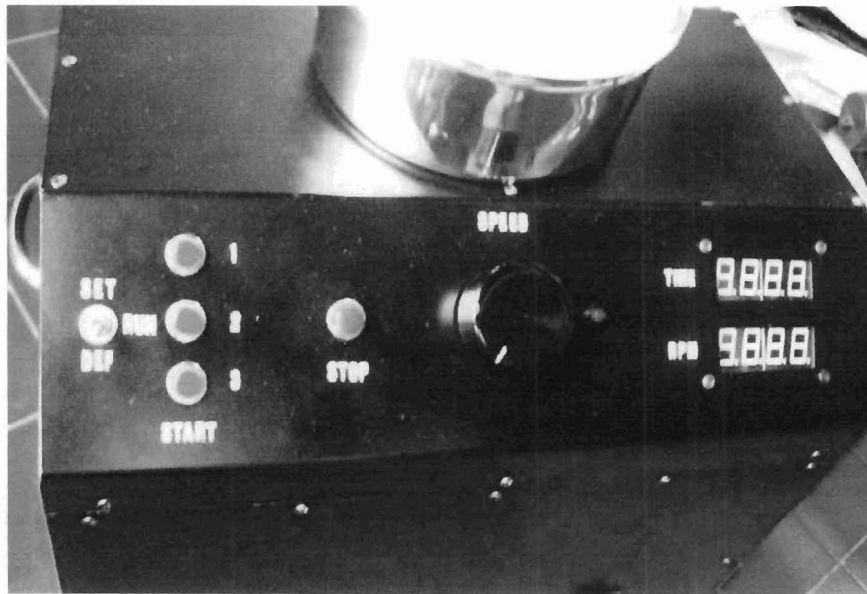
Gambar 6. Bentuk kurva histeresis beserta datanya



Gambar 7. Furnace Nabertherm



Gambar 8. Peralatan SEM dan EDAX



Gambar 9. Peralatan *Spin Coating*



Gambar 10. Tampilan pengeturan waktu *Spin coating*

DRAF ARTIKEL ILMIAH

EFEK VARIASI WAKTU *ANNEALING* DENGAN MENGGUNAKAN LINGKUNGAN UDARA LUAR TERHADAP SIFAT FISIK FILM TIPIS SBT YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE CSD

Yenni Darvina¹ dan Jon Effendi²

1. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
2. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang

ABSTRAK

Telah berhasil ditumbuhkan film tipis SBT dengan *annealing* menggunakan lingkungan udara luar. Penumbuhan film tipis SBT menggunakan metode CSD dengan peralatan *Spin Coating*. Substrat yang digunakan adalah Silikon Tipe-p (100). Temperatur pirolisis 240 dan 650°C (masing-masing 10 menit), temperatur *annealing* 900°C dan variasi waktu *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam. Dari penelitian diperoleh *grain size* kristalin (besar butir) untuk waktu *annealing* (0,5), 1, 2, dan 4 jam adalah sekitar 0,1 – 0,2 µm dengan ketebalan film SBT 0,2 µm. Bidang kristal yang dihasilkan adalah (115), (200) dan (006). Untuk waktu *annealing* (0,5), 1 dan 4 jam, sedangkan untuk 2 jam dihasilkan satu bidang (006). Disimpulkan bahwa: Semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin kecil. Waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan ketebalan film. Variasi waktu *annealing* mempengaruhi morfologi kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis stenta kisi yang paling mendekati harga pada data base adalah pada data base yaitu $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$. (Harga data base adalah $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$). Harga a sangat mendekati harga pada data base, namun b lebih kecil dari harga optimum untuk temperatur *annealing* 900°C adalah 1 jam. Waktu *annealing* (lingkungan atmosfer) selama *annealing* dapat digunakan dalam penelitian SBT sebagai pengganti aliran Oksigen dengan jumlah tertentu.

Keywords: SBT, waktu annealing, sifat fisik

A. PENDAHULUAN

Dielektrik merupakan bahan dielektrik yang penggunaannya sangat luas dalam elektronika seperti pada memori, komponen HP, aktuator dan sensor

(Araujo et al, 1996; Aucilello et al, 1998). Khusus pada memori komputer penggunaannya sangat banyak seperti FeRAM, DRAM dan SRAM. Pemanfaatan bahan ferroelektrik untuk devais elektronik seperti memori, biasanya digunakan dalam bentuk memori *non volatile*. Sifat yang dieksplorasi pada memori *non volatile* antara lain adalah nilai dielektrik yang tinggi, *switching voltage* dan polarisasi *remanent* (Araujo et al, 1996; Aucilello et al, 1998; Bhattacharyya et al, 2002; Burmistrova et al; Tirumala, 2000; Uchino, 2000). Sifat-sifat di atas tidak terlepas dari cara pembuatan bahannya yaitu dalam bentuk film tipis.

Pembuatan film tipis dengan metode *Cemical Solution Deposition* (CSD) sangat dipengaruhi oleh metode *annealing* yang dilakukan. Sebab penumbuhan film di atas substrat terjadi pada temperatur ruang, sedangkan pembentukan kristalisasi terjadi saat film *dannealing*. Pengertian *annealing* yaitu pemanasan pada suhu tinggi kemudian diikuti dengan pendinginan secara perlahan-lahan (Van Vlack, 1992) *Annealing* merupakan proses penting dalam kristalisasi film tipis. Pada proses *annealing*, atom-atom akan bergerak dan membentuk susunan yang lebih sempurna tanpa regangan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kristal (kristalisasi) dan penyusunan kristal kembali (rekristalisasi) suatu bahan antara lain adalah temperatur *annealing* dan waktu *annealing* atau lamanya *annealing* dilakukan. Pada proses rekristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali. Proses kristalisasi dan rekristalisasi meliputi pergerakan atom yang bergantung pada energi aktivasi. Sedangkan energi aktivasi bergantung pada temperatur yang digunakan. Penataan kembali ini lebih mudah pada suhu tinggi. Getaran termal kisi yang lebih besar pada suhu tinggi memungkinkan terjadinya pengaturan kembali atom-atom dan membentuk butiran yang lebih sempurna (Van Vlack, 1992 dan Smith, 1993).

Pada proses rekristalisasi suatu bahan, selain temperatur *annealing*, waktu *annealing* atau lamanya *annealing* dilakukan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas bahan. Hal ini dapat diperkirakan karena fluks atom sebanding dengan difusitas. Hubungan antara waktu dan suhu rekristalisasi disebut hubungan Archenius (Van Vlack, 1992). Dari berbagai penelitian dinyatakan bahwa waktu *annealing* merupakan salah satu

faktor penting yang mempengaruhi proses penumbuhan (kristalisasi) film tipis, dimana pada proses kristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali. Waktu *annealing* akan mempengaruhi laju peningkatan kristalisasi (Wang, F : 1997).

Pemberian proses *annealing* pada film tipis menyebabkan atom-atom tersusun rapat. Partikel-partikel halus akan beraglomerasi menjadi bahan padat. Partikel yang lebih besar akan terbentuk dan porinya akan mengecil sehingga ruang antar butir lebih sedikit. Pada akhirnya dicapai ukuran butir yang seimbang dan homogen. Getaran termal kisi yang lebih besar pada suhu tinggi memungkinkan terjadinya pengaturan kembali atom-atom dan membentuk butiran yang lebih sempurna.

Hubungan antara waktu *annealing* dengan morfologi film tipis sangatlah berpengaruh satu sama lain. Waktu *annealing* memberi pengaruh terhadap laju peningkatan kristalisasi. Sehingga waktu *annealing* dapat memberikan pengaruh terhadap ukuran butir yang ditumbuhkan. Menurut penelitian yang telah dilakukan Darmasetiawan dkk (2002) tentang efek Waktu dan Temperatur *Annealing* pada film tipis Ta₂O₅, didapatkan hasil bahwa makin lama waktu *annealing* maka hasilnya lebih baik dalam pembentukan film tipis dan pengaruh energi termal yang tinggi menambah pembentukan ukuran butiran film tipis. Dengan memvariasikan waktu *annealing* akan diketahui, pengaruh dari variasi waktu *annealing* terhadap *grain size*, *interface*, bidang kristal dan konstanta kisi film tipis SBT.

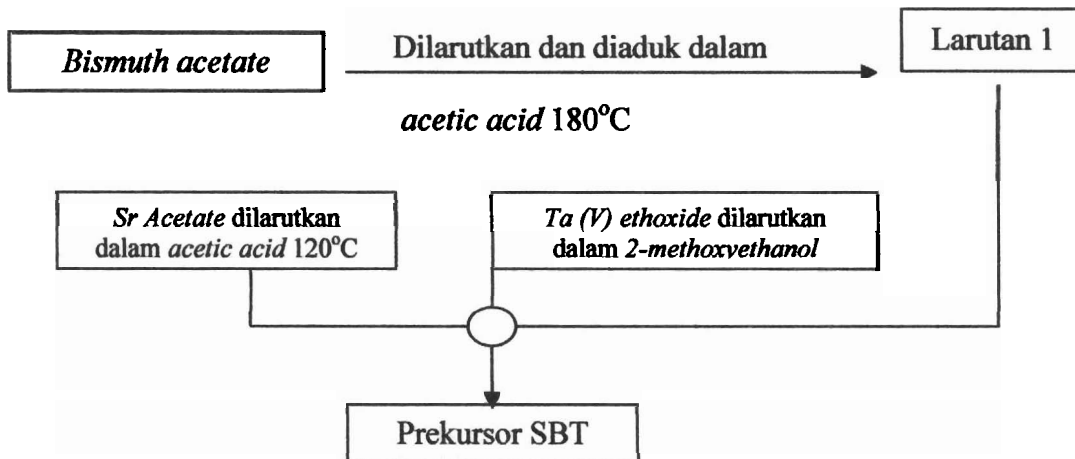
Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah: Bagaimana efek variasi waktu *annealing* dengan menggunakan lingkungan udara luar terhadap sifat fisik film tipis SBT yang dideposisi dengan metode CSD menggunakan *Spin Coating*? Pada penelitian ini substrat yang digunakan adalah Silicol tipe-p (100).

B. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Lab. Material fisika UNP, Lab. Kimia FMIPA UNP dan Lab. Material Instrumentasi Dept. Fisika ITB Bandung. Secara garis besar penumbuhan film tipis dengan menggunakan tehnik CSD terdiri dari 3 tahapan proses yaitu sintesis

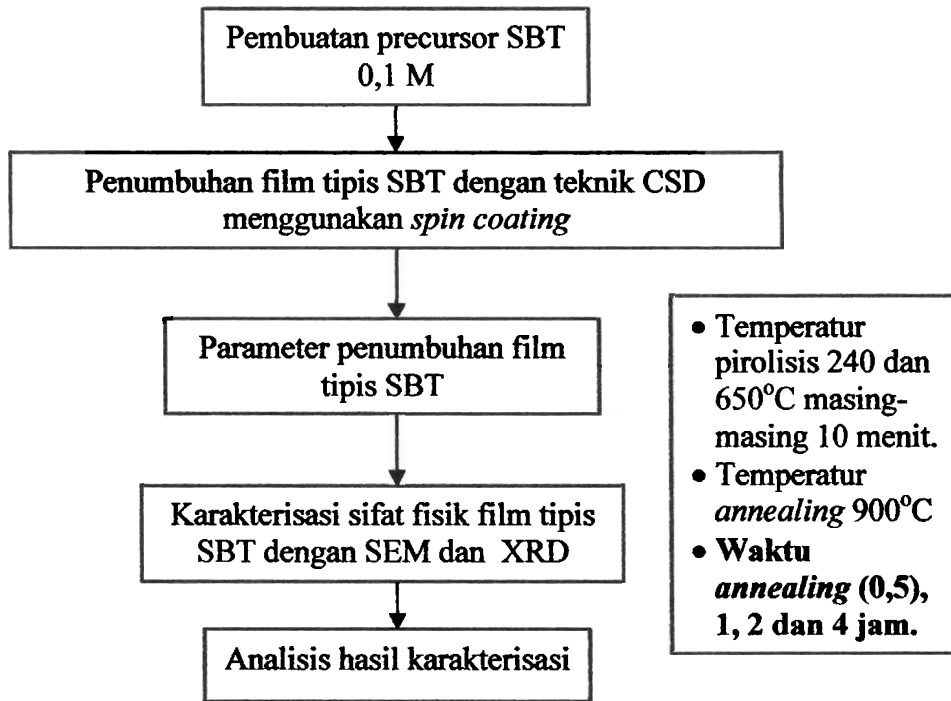
precursor, pembuatan film tipis dengan metode CSD menggunakan *spin coating* dan karakterisasi.

Precursor disintesis dengan metode sol-gel dengan menggunakan peralatan gelas standar laboratorium. Cara pembuatan prekursor SBT dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Cara pembuatan perkursor SBT

Langkah penelitian yang akan dilakukan terhadap film tipis SBT dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini



Gambar 2. Langkah penelitian untuk film tipis SBT

SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari film tipis yang diteliti, baik untuk permukaannya maupun penampang melintangnya. Dengan melihat morfologi permukaan dapat diketahui kehalusan film yang terbentuk, *grain size* film hasil dideposisi. Dari penampang melintangnya dapat diketahui ketebalan dari film tipis yang terbentuk dan *interface* antara film dengan substrat..

Difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari film tipis yang ditumbuhkan. Dari analisis hasil XRD dapat diketahui bidang kristal yang terbentuk pada film tipis SBT dan dapat dihitung konstanta kisi. Penentuan konstanta kisi dari hasil XRD pada penelitian ini dapat dicari dengan rumus (Suryanarayana et all, 1998 dan Cullity. B.D, 1959):

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \dots\dots\dots (1)$$

Sedangkan *d* dapat dicari dengan rumus:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots (2)$$

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2 \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2}, \quad B = \frac{\lambda^2}{4b^2}, \quad C = \frac{\lambda^2}{4c^2} \dots\dots\dots (4)$$

a, b dan c adalah konstanta kisi, λ adalah panjang gelombang yang digunakan pada XRD sedangkan sudut θ diambil setengah dari sudut 2θ .

Berdasarkan harga FWHM dapat dicari ukuran butir dengan menggunakan rumus Untuk menentukan ukuran butir digunakan persamaan sebagai berikut : (Cullity.B.D : 1959)

$$d = \frac{0.9\lambda}{FWHM \cos \theta} \dots\dots\dots (5)$$

dimana,

d = ukuran butir

λ = Panjang gelombang sinar x

FWHM = Full Width Half Maximum dari grafik XRD

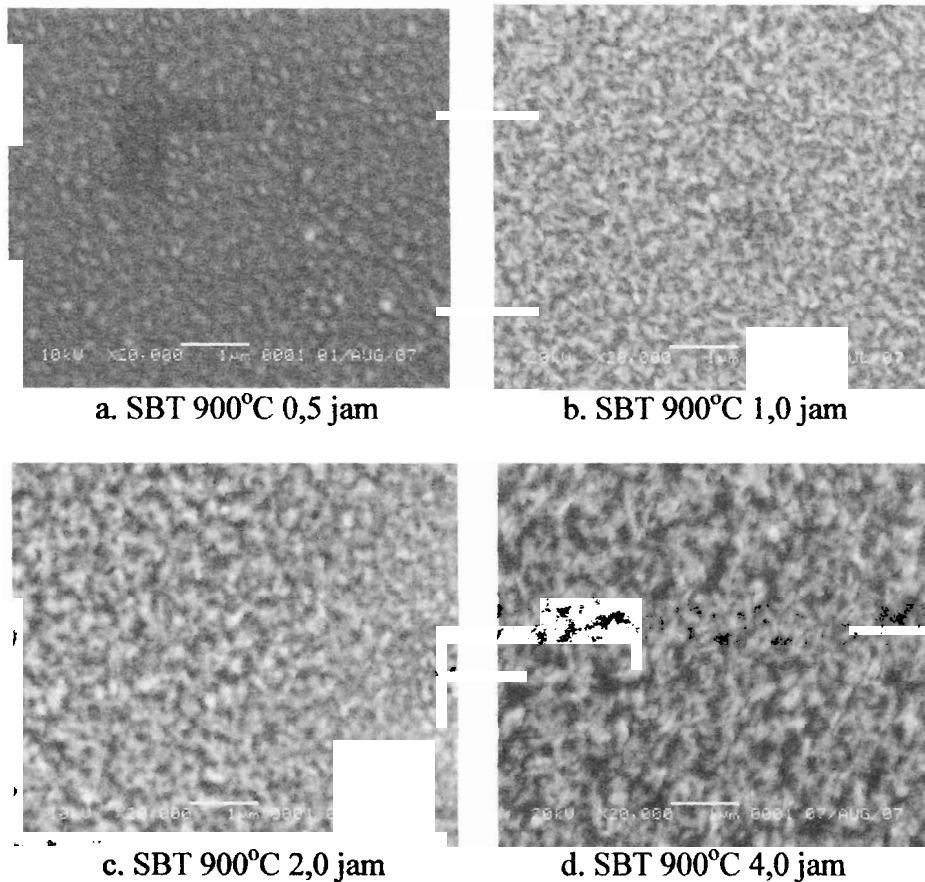
θ = sudut terpancar difraksi

B. HASIL PENELITIAN

Sifat fisik film tipis SBT yang diteliti adalah berupa morfologi yang meliputi ketebalan, *grain size*, *interface* antara film dengan substrat. Berikutnya adalah mikro struktur yang terdiri dari bidang kristal dan konstanta kisi. Untuk mendapatkan sifat fisik ini dilakukan karakterisasi SEM dan XRD.

1. Hasil SEM film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

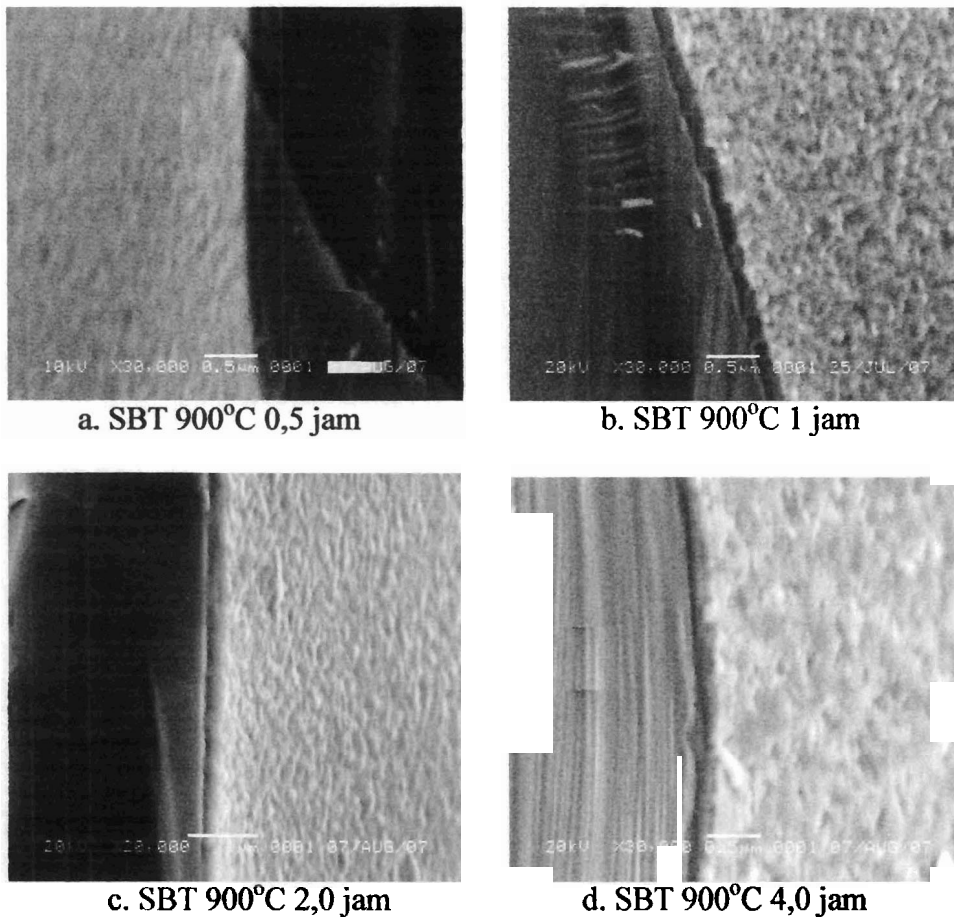
Hasil SEM dari film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing* dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Permukaan film tipis SBT untuk optimasi waktu *annealing*

Dari hasil SEM pada Gambar 3 terlihat bahwa *grain size* kristalin (besar butir) untuk waktu *annealing* (0,5), 1, 2, dan 4 jam adalah sekitar 0,1 – 0,2 μm . Makin lama waktu *annealing* bentuk butirnya semakin jelas, ukuran butir semakin besar namun porositasnya pun semakin tinggi. Bila dilihat hasil SEM permukaan film ternyata bentuk butiran yang terjadi belum kompak dan masih ada porositas antara suatu butir dengan butir yang lain.

Hasil SEM penampang lintang (Gambar 4) didapatkan bahwa *interface* antara film tipis SBT dengan substrat Si (100) tipe-p melekat dengan baik. Selain itu ketebalan film yang terbentuk juga hampir sama yaitu sekitar 0,2 μm . Berarti ketebalan film tidak dipengaruhi oleh waktu *annealing*.

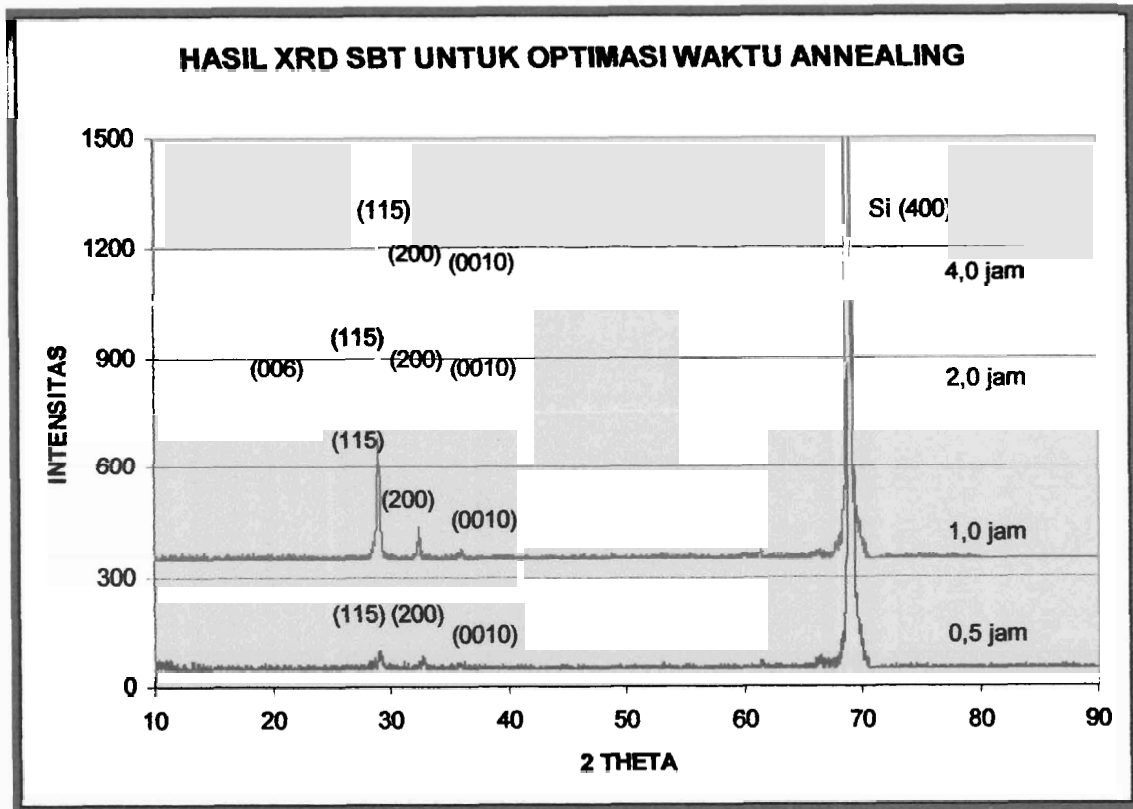


Gambar 4. Penampang lintang SBT untuk optimasi waktu *annealing*

2. Hasil XRD film tipis SBT untuk variasi waktu *annealing*

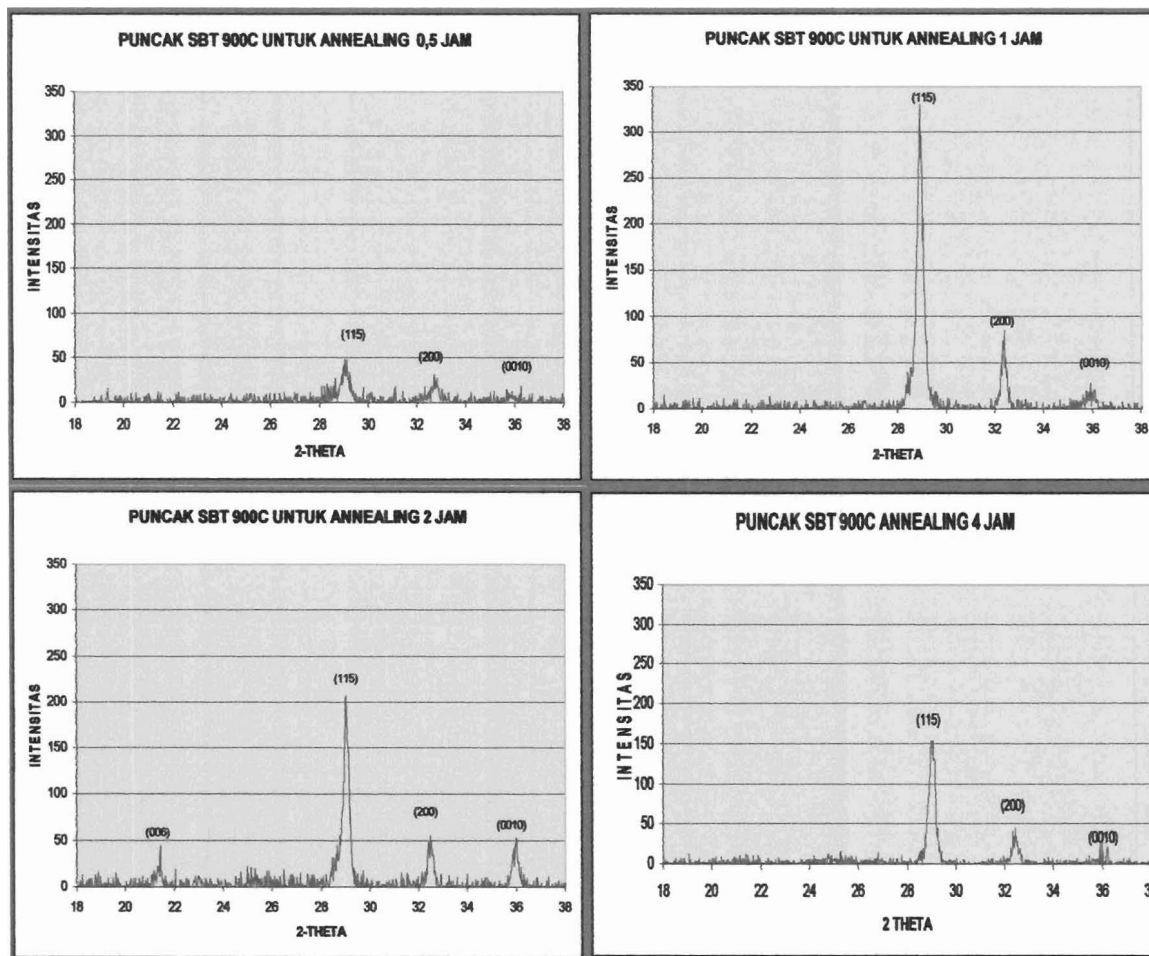
Hasil XRD dari film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing*, dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5. tersebut terlihat bahwa puncak-puncak yang terjadi adalah sama, namun intensitas yang dihasilkan tidak sama. Ini berarti bahwa waktu *annealing* mempengaruhi proses rekristalisasi yang terjadi dan terlihat dalam bentuk intensitas puncak yang ada. Dari 4 macam variasi waktu annealing, jumlah puncak yang terbanyak terjadi pada annealing 2 jam. Untuk ini jumlah puncak yang terjadi ada 5 buah, 4 diantaranya milik SBT dan 1 milik Substrat. Sedangkan untuk yang lainnya

hanya ada 3 puncak milik SBT dan 1 milik substrat. Ketiga puncak ini sama untuk semua variasi waktu *annealing*.



Gambar 5. Hasil XRD SBT untuk optimasi waktu *Annealing*

Puncak-puncak hasil XRD dari Gambar 5 dapat dibuat lebih jelas dengan mengambil bagian yang mengandung puncak SBT saja. Untuk lebih jelas pada bagian berikut akan dicuplik puncak-puncak film tipis SBT untuk *annealing* pada temperatur 900°C dengan waktu *annealing* (0,5), 1, 2 dan 4 jam.



Gambar 6. Puncak-puncak SBT untuk optimasi waktu *annealing*

Dari Gambar 6 terlihat bahwa intensitas tertinggi terdapat pada waktu *annealing* 1 jam. Hasil XRD film tipis SBT memperlihatkan bahwa puncak yang terbentuk ada beberapa buah, hal ini menandakan bahwa kristal yang terjadi berupa polikristalin. Puncak (115) pada *annealing* 0,5 jam adalah yang terendah dan pada 1 jam adalah yang tertinggi. FWHM yang terkecil terjadi pada waktu *annealing* 1 jam karena pada saat ini puncak yang terjadi adalah yang tertinggi. Untuk mengetahui lebih rinci data hasil XRD seperti sudut 2θ , indeks miler atau bidang kristal, intensitas dan FWHM, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil XRD dari SBT untuk variasi waktu *annealing*

NO	WAKTU <i>ANNEALING</i>	2θ	hkl	INTENSITAS	FWHM
1	0,5 jam	(29,09) (32,67) (35,87)	(115) (200) (0010)	49 32 13	29,19 – 28,87 = 0,32
2	1 jam	(28,93) (32,37) (35,91)	(115) (200) (0010)	331 86 28	29,09 – 28,85 = 0,22
3	2 jam	(21,39) (29,03) (32,47) (36,01)	(006) (115) (200) (0010)	45 207 56 52	29,15 – 28,91 = 0,24
4	4 jam	(29,05) (32,43) (35,99)	(115) (200) (0010)	154 45 13	29,17 – 28,85 = 0,32

Berdasarkan puncak yang tampak pada hasil XRD, selanjutnya dapat ditentukan konstanta kisi dari SBT dengan metode Cramer. Penentuan konstanta kisi dari hasil XRD pada penelitian ini dapat dicari dengan rumus 1,2,3 dan 4 (Suryanarayana et all, 1998 dan Cullity. B.D, 1959). Berdasarkan harga FWHM dapat dicari ukuran butir dengan menggunakan rumus 5 (Cullity.B.D : 1959)

Tabel 2. Ukuran butir dan konstanta kisi SBT untuk optimasi waktu *annealing*

NO	WAKTU <i>ANNEALING</i>	FWHM	UKURAN BUTIR	KONSTANTA KISI
1	0,5 jam	0,32	4,480 nm	a = 5,4741 Å b = 5,5514 Å c = 25,840 Å
2	1 jam	0,22	6,509 nm	a = 5,5267 Å b = 4,6380 Å c = 24,990 Å
3	2 jam	0,24	5,970 nm	a = 5,509 Å b = 5,5338 Å c = 25,740 Å
4	4 jam	0,32	4,477 nm	a = 5,5125 Å

				$b = 5,541 \text{ \AA}$ $c = 24,940 \text{ \AA}$
--	--	--	--	---

Bila dibandingkan dengan harga konstanta kisi SBT pada data base yaitu $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$, ternyata harga konstanta kisi yang mendekati harga pada data base untuk nilai a adalah pada *annealing* 1 jam, nilai b pada *annealing* 2 jam, dan nilai c pada *annealing* 1 jam. Secara keseluruhan yang banyak mendekati harga konstanta kisi pada data base adalah untuk waktu *annealing* 1 jam.

D. ANALISIS HASIL PENELITIAN

Untuk mengetahui efek variasi waktu *annealing* dengan menggunakan lingkungan udara luar terhadap sifat fisik dari film tipis SBT yang ditumbuhkan dengan metode CSD menggunakan *Spin coating* perlu dilakukan analisis terhadap hasil karakterisasi sifat fisik yaitu SEM dan XRD. Untuk itu pada bagian berikut akan dibahas satu persatu.

Berdasarkan hasil SEM terlihat bahwa untuk waktu *annealing* 0,5 jam butiran pada film belum terbentuk. Ini berarti waktu yang diberikan belum mencukupi untuk menata atom atau molekul dalam suatu formasi tertentu. Hal ini akan ikut mempengaruhi sifat listriknya. Untuk waktu *annealing* 1, 2 dan 4 jam butiran telah terbentuk dan ukurannya semakin besar dengan bertambahnya waktu *annealing*. Namun seiring dengan kenaikan waktu *annealing*, porositas film juga semakin meningkat.

Persyaratan hasil SEM yang baik adalah film yang dihasilkan telah terkristalisasi yang ditandai dengan adanya butir kristal, homogen, ketebalan sama, dan tidak mengalami porositas. Dari citra SEM yang didapatkan, terlihat bahwa ciri-ciri ini dipenuhi oleh film dengan waktu *annealing* 1 jam. Sehingga disimpulkan berdasarkan hasil SEM, film yang memiliki waktu *annealing* optimal adalah film tipis SBT yang di*annealing* selama 1 jam.

Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan untuk sifat fisik film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing*, didapatkan dari hasil SEM bahwa semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin tinggi. Akibatnya film yang dihasilkan semakin tidak homogen. Temuan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Wang, F (1997) bahwa waktu *annealing* merupakan salah satu

faktor penting yang mempengaruhi proses penumbuhan (kristalisasi) film tipis, dimana pada proses kristalisasi atom-atom bergerak dan menata diri kembali (rekristalisasi) dan waktu *annealing* akan mempengaruhi laju peningkatan kristalisasi.

Selain itu didapatkan bahwa waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan tidak mempengaruhi ketebalan film. Sebab *interface* dipengaruhi oleh kesesuaian ukuran konstanta kisi antara film dengan substrat, sedangkan ketebalan film ditentukan oleh frekuensi putar *spin coating* dan lamanya waktu putar.

Dari hasil XRD untuk variasi waktu *annealing* terlihat bahwa pada *annealing* 0,5 jam puncak yang dihasilkan masih rendah, sedangkan pada *annealing* 1 jam diperoleh puncak tertinggi. Pada *annealing* 2 jam jumlah puncak SBT bertambah dari 3 buah menjadi 4 buah, namun intensitasnya menurun. Untuk *annealing* 4 jam memperlihatkan intensitas menurun dan jumlah puncak SBT yang terjadi kembali jadi 3 buah. Hal ini memberikan indikasi bahwa bertambahnya waktu *annealing* menyebabkan gerakan atom atau molekul jadi bertambah, namun tidak semua gerakan mengakibatkan pertumbuhan kristal kearah yang optimal. Ada kalanya dengan bertambahnya waktu *annealing*, gerakan kristal menyebabkan orientasi bidang kristalnya yang semula telah tersusun dengan rapi menjadi terurai kembali atau berubah membentuk susunan yang baru. Akibatnya intensitas puncak yang semula dihasilkan telah tinggi, menjadi lebih rendah karena bertambahnya waktu *annealing*, atau berubah menjadi puncak yang lain. Hal inilah yang terjadi pada *annealing* 2 dan 4 jam. Oleh sebab itu pemilihan waktu *annealing* yang optimum perlu dilakukan agar diperoleh orientasi bidang kristal yang optimum yang dapat diamati berupa tingginya intensitas puncak XRD yang dihasilkan.

Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis bidang kristalnya. Hal ini disebabkan karena bertambahnya waktu maka semakin banyak energi yang masuk pada film sehingga makin banyak atom atau molekul yang memperoleh energi aktivasi, namun jumlah energi aktivasi setiap saat yang diterima setiap atomnya adalah sama karena temperaturnya sama. Kenyataan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992) yaitu pada proses rekristalisasi suatu bahan, waktu atau lamanya *annealing* dilakukan, merupakan faktor

penting yang mempengaruhi kualitas bahan. Hal ini dapat diperkirakan karena fluks atom sebanding dengan difusitas. Difusi adalah pergerakan atom atau molekul dalam bahan atau fluks difusi persatuan gradien konsentrasi. Hubungan antara waktu dan suhu rekristalisasi disebut hubungan Arrhenius.

Selanjutnya berdasarkan sudut 2θ dari hasil XRD, diperoleh konstanta kisi yang paling mendekati harga pada data base adalah pada waktu annealing 1 jam yaitu $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$. (Harga konstanta kisi dari data base adalah $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$). Harga a dan c sangat mendekati data base, namun b lebih kecil dari data base SBT.

Dari citra SEM dan hasil XRD terlihat bahwa telah berhasil ditumbuhkan film tipis SBT dengan menggunakan lingkungan udara luar. Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa variasi waktu *annealing* mempengaruhi sifat fisik dari film tipis SBT. Waktu *annealing* optimum adalah 1 jam untuk temperatur optimum 900°C . Gerakan atom atau molekul selama proses *annealing* mempengaruhi pembentukan kristal. Diperlukan jumlah waktu tertentu untuk melakukan rekristalisasi suatu bahan dalam jumlah yang tertentu. Makin banyak jumlah suatu bahan maka jumlah atom atau molekulnya akan semakin banyak pula, sehingga makin lama waktu yang dibutuhkan untuk menata dirinya. Untuk melakukan kristalisasi secara optimum diperlukan jumlah waktu tertentu. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Van Vlack (1992) bahwa waktu *annealing* sangat mempengaruhi terhadap kesempurnaan kristalisasi dan rekristalisasi suatu bahan, walaupun suhu *annealing* dikonstantakan.

E. KESIMPULAN

Efek variasi waktu *annealing* dengan menggunakan lingkungan udara luar terhadap sifat fisik film tipis SBT dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin lama waktu *annealing* maka ukuran butir semakin besar, bentuk butir semakin jelas, dan porositas semakin tinggi.
2. Waktu *annealing* tidak mempengaruhi *interface* antara film dengan substrat dan tidak mempengaruhi ketebalan film.

3. Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul, baik pada intensitas puncak ataupun jenis bidang kristalnya.
4. Waktu *annealing* optimum adalah 1 jam dengan temperatur *annealing* 900°C. Pada kondisi ini didapatkan ukuran butir 0,1 – 0,2 µm, ketebalan film 0,2 µm, *interface* yang baik antara film dengan substrat. Konstanta kisi adalah $a = 5,5267 \text{ \AA}$, $b = 4,6380 \text{ \AA}$, dan $c = 24,990 \text{ \AA}$ dan bidang kristal yang terbentuk (115), (200) dan (0010).
5. Penggunaan udara luar (lingkungan atmosfer) selama *annealing*, dapat digunakan dalam penumbuhan film tipis SBT sebagai pengganti aliran Oksigen dengan jumlah tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan pada proyek penyandang dana Hibah Bersaing (2007) Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor : 024/SP2H/PP/DP2M/III/2007 TANGGAL 29 MARET 2007.

DAFTAR PUSTAKA

1. Araujo, Carlos Paz De, Scott, J.F and. Taylor, W.George, 1996, "*Ferroelectric Thin Film, Synthesis and Basic Properties*" Gordon and Breach Publishers, Amsterdam.
2. Auciello, O, Scott, J.F. and Ramest, R., 1998, *The Physics of Ferroelectric Memory*, Physics Today, vol 22, pp 22-27, July, 1998.
3. Bhattacharyya, S, Laha Apurba and Krupnsnidhi, S.B, (Author) 2002, *Impact of Sr content on dielectric and electrical properties of pulsed laser ablated SrBi₂Ta₂O₉ thin films*, Materials Research Center, Indian Institute of Science, Bangalore-560-012, India
4. B.G Yu, at al, *The effect of annealing temperature on electrical properties of SrBi₂Ta₂O₉/insulator/Si (MFIS) structure for NDRO-type FRAM Devices*, Cryst. Res. Technol. 34.1999, pp.1197-1204.
5. Burmistrova, P.V, Zacharov,D.N, Zhigalina,O.M, *Structure of CSD BST Capacitor Elements*. Institute of Crystallography RAS, 117333 Moscow, Russia., Electronics and Automation (Technical University), 117454 Moscow, Russia.
6. Cullity,B.D , 1978, *Elements of X-ray Diffraction*, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company Inc., London

7. **Darvina, Yenni.** Dkk, 2005, Sifat Ferroelektrik Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan Dengan Metode CSD Menggunakan Spin Coating,(SEMINAR BKS PTN KE XVIII DI JAMBI Tanggal 17-19 Juli 2005)
8. **Darvina Yenni,** dkk, 2005, *Deposisi film tipis ferroelektrik BST dan SBT dengan teknik CSD serta karakterisasinya*, UNP (laporan Penelitian PEKERTI Th II)
9. **Darvina Yenni,** dkk, 2005 *The Effect Of Annealing Temperature On Electrical Properties Of Thin Film SrBi₂Ta₂O₉ (SBT) Grown By CSD Method With Spin Coating Technique*, Submit to Asian Physics Symposium (APS) December 7-8, 2005
10. Darmasetiawan, H, dkk, 2002, *Lattice Constants Analysis and Structure of Crystalline Ba_{0,5} Sr_{0,5} TiO₃ Thin Films Wsa Formed By Chemical Solution Deposition Method*, Prosiding Seminar Fisika dan Aplikasinya, Surabaya.
11. Kurnia, D, 1999, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.1, *Flm Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
12. Kurnia, D, 2000, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.2, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
13. Kurnia, D, 2001, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.3, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
14. Kentaromorito, Jjap, Sept 2001, pp 1594
15. Moon, S.E, Back, S.B and Kwun, S.I, Song, T.K, Yoon,J.G, 1999, *Controlled Growth of SrBi₂Ta₂O₉ Thin Films by the rf Magnetron Sputtering Deposition*, Journal of Korean Physical Society, Vol. 35, December 1999, pp. S1206 – S1209.
16. Suryanarayana, C, Grant Norton,M, 1998, *X-Ray Dyfraction A Practical Approach*, Plenum Press, New York
17. Tirumala, Sridhar, 2000, *Integration of Ferroelectric Material into high Density Non-Volatile Random A Memories*, Material Science and Engineering.
18. Uchino, K. 2000, "*Ferroelectric Devices*". Marcel Dekker, Inc. New York.
19. Wang, F, Uusimaki, A. and Leppavuori, S.1998, *Ba_{0,7}Sr_{0,3}TiO₃ ferroelectric film prepared with the sol-gel process and its dielectric performance in planar capacitor structure*, J. Material Research, vol. 13 no. 5, 1998
20. <http://www.solgel technology>.

SINOPSIS PENELITIAN TAHUN II

I. Identitas Penelitian

1. Judul Usulan : Efek Variasi Jenis Elektroda Dan Bentuk Devais Terhadap Sifat Listrik Film Tipis SBT Yang Dideposisi Dengan Metode CSD Menggunakan *Spin Coating*

2. Ketua Peneliti

- a) Nama lengkap : **Dra. Yenni Darvina, M.Si**
b) Bidang Keahlian : Fisika Material Elektronik
c) Jabatan Struktural : Ketua Laboratorium. Fisika Material
d) Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
e) Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang
f) Alamat surat : Jl. BAKTI ABRI No 32A RT01 RW I,
Kel.Batang Kabung Ganting, Kec. Koto
Tengah Padang, 25172
g) Telepon/Faks : 081363292084 / 0751-7058772
h) E-mail : ydarvina @ yahoo.com

3. Anggota Peneliti

Tabel 1. Tim Peneliti

No	Nama dan gelar akademik	Bidang keahlian	Mata Kuliah yang diampu	Instansi	Alokasi Waktu	
					Jam/mg	bulan
1	Dra. Yenni Darvina, M.Si	Fisika Material Elektronik	Peng. Fisika Material	Jur. Fisika FMIPA UNP	10	40
2	Dr. rer.nat. Jon Efendi, M.Si.	Kimia Fisik	Ikatan Kimia Kimia An Organik 3	Jur. Kimia FMIPA UNP	7	28

4. Objek Penelitian :

- Jenis material yang akan diteliti : Bahan yang akan diteliti adalah jenis Ferroelektrik yaitu $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ atau disingkat SBT dengan konsentrasi 1 M dalam bentuk film tipis.

Untuk mengetahui sifat listrik dari film tipis yang ditumbuhkan, maka dilakukan penumbuhan film dengan struktur MFM (Metal Ferroelectric Metal) dan MFS (Metal Ferroelectric Semikonduktor). Untuk melihat sifat listrik dari film tipis SBT dilakukan karakterisasi berupa kurva C-V, kurva I-V, kurva histeresis dan untuk melihat sifat fisik dilakukan XRD dan SEM.

Selain hal diatas penelitian ini diharapkan memberikan manfaat pada:

- a. Pengembangan IPTEK terapan, khususnya dalam rangka mencari parameter penumbuhan yang optimum untuk film tipis SBT yang dideposisi dengan metode CSD menggunakan *Spin Coating*, sehingga didapatkan sifat yang cocok untuk digunakan dalam pembuatan memori ferroelektrik.
- b. Memberikan pengalaman meneliti bagi dosen dan mahasiswa dalam rangka meningkatkan iklim penelitian dibidang IPTEK.
- c. Meningkatkan dayaguna dan hasilguna dari peralatan *Spin Coating* yang telah ada di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNP Padang.
- d. Terwujudnya usaha untuk menumbuhkembangkan iklim penelitian yang kondusif, sehingga terbentuk kelompok peneliti yang mandiri, dihasilkan produk penelitian yang bermutu dan dapat mengangkat derajat bangsa dimasa datang.

BAB II. STUDI PUSTAKA

A. Bahan Ferroelektrik

Material ferroelektrik merupakan material dielektrik yang memiliki molekul polar dan dapat terpolarisasi secara spontan. Polarisasi spontan dihasilkan oleh keadaan non simetrik dari ion-ion dalam unit sel, di mana hasilnya berupa momen dipol listrik pada unit sel tersebut. Pada unit sel yang berdekatan, jika orientasi kemiringan kutub polarisasi pada suatu daerah adalah sama, maka orientasi ini disebut domain ferroelektrik. Jika suatu bahan dielektrik diberi medan listrik, kemudian arah medannya dibalik, sehingga mengakibatkan arah polarisasi spontannya ikut terbalik, maka bahan dielektrik yang demikian disebut bahan ferroelektrik (Uchino, 2000).

Pada bahan ferroelektrik, dipol-dipol yang terbentuk ada yang memiliki arah polarisasi dengan susunan masih acak dan ada yang susunannya sudah teratur. Bahan

yang susunan polarisasi spontannya telah teratur biasanya berbentuk kristal, baik kristal tunggal maupun polikristalin, sedangkan yang susunannya masih acak biasanya berbentuk amorf.

Dalam penggunaan bahan ferroelektrik menjadi sebuah devais, yang dimanfaatkan adalah sifat yang ada pada bahan tersebut, yaitu apabila diberi suatu masukan, akan menghasilkan suatu keluaran. Sebagai contoh apabila bahan ferroelektrik diberi masukan berupa panas akan menghasilkan keluaran berupa arus listrik, maka bahan ini bersifat pyroelektrik. Apabila diberikan masukan berupa *stress* (regangan) akan menghasilkan tegangan maka disebut bersifat piezoelektrik. Apabila diberi medan listrik kemudian arah medan listriknya dibalik, sehingga arah polarisasi dari bahan ikut terbalik maka bahan tersebut dinamakan bahan ferroelektrik.

Jenis bahan ferroelektrik sangat banyak sekali seperti BaTiO_3 , SrTiO_3 , BaSrTiO_3 (BST), $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT), PZT dan lain-lain. Semua bahan ini berpotensi digunakan sebagai devais ferroelektrik. Diantara bahan yang ada maka pada penelitian ini digunakan bahan ferroelektrik jenis SBT. Menurut Scholar (1999) struktur kristal dari SBT berbentuk orthorombik yang terdiri dari 2 buah Bismuth Oksida (Bi_2O_3) yang disebut lapisan bismuth dan 2 buah lapisan perovskite SrTaO_3 dan Bi_2O_2 sehingga disebut perovskite berlapis bismuth.

SBT merupakan bahan ferroelektrik anisotropik, yang memiliki polarisasi spontan sepanjang sumbu a atau sumbu b sedangkan sepanjang sumbu c sifat ferroelektriknya sangat lemah. Posisi Ta^{+5} yang terperangkap di dalam 6 buah O^{2-} dapat bergeser sedikit keatas atau ke bawah, sehingga hal ini menimbulkan molekul polar yang membawa sifat dielektrik. Molekul polar tersebut telah terpolarisasi walaupun tanpa medan listrik. Molekul inilah yang memberikan kontribusi sifat ferroelektrik dalam SBT.

Dari data base, bentuk struktur kristal SBT adalah orthorombic dengan konstanta kisi $a = 5,5306 \text{ \AA}$, $b = 5,5344 \text{ \AA}$ dan $c = 24,9839 \text{ \AA}$.

Film tipis SBT dapat digunakan untuk bahan dielektrik dari kapasitor yang terdapat pada memori ferroelektrik. Memori adalah suatu devais yang dapat digunakan untuk menyimpan informasi (data) dalam bentuk kumpulan *bit* (*binary*)

digit). Untuk keperluan memori yang besar struktur *random acces memory* (RAM) lebih disukai sebab sel memorinya dapat diatur dalam bentuk matriks bujur sangkar yang dapat diakses secara acak untuk menyimpan (*write*) atau membaca (*read*) (Sha Zhu et all, Auciello et all, 1998)

Memori yang terbuat dari bahan ferroelektrik disebut *ferroelectric random acces memory* (FRAM). FRAM merupakan devais jenis *non-volatile* memori (memori yang datanya tidak menguap) yang terbuat dari film tipis ferroelektrik. Data disimpan dalam bentuk medan polarisasi dalam bahan dielektrik yang ada pada kapasitor pembentuk FRAM. Karena material ferroelektriknya dapat terpolarisasi secara spontan, maka secara ideal data yang ada didalam FRAM akan tersimpan selamanya atau dikatakan tidak mudah menguap.

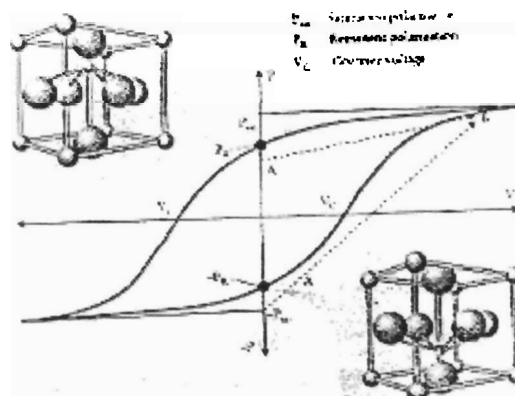
Struktur FRAM sangat mirip dengan DRAM konvensional, dimana sel memorinya disusun dalam matriks bujur sangkar yang dapat diakses secara acak. Keunggulan FRAM dibanding dengan DRAM adalah lebih cepat dalam mengakses data, memerlukan daya yang lebih rendah, datanya tidak menguap (*non-volatile*), dan biaya operasionalnya lebih murah.

Struktur dasar unit sel FRAM yang mirip dengan DRAM konvensional untuk 1 bit adalah terdiri dari 1 transistor dan 1 kapasitor (1T/1C). FRAM dengan struktur 1T/1C dikenal dengan *destructive read out* FRAM (DRO FRAM). Struktur lain yang ada sekarang adalah 2T/2C keluaran Fujitsu Ltd (Sha Zhu, *et all*). Kapasitor berfungsi untuk menyimpan data, sedangkan transistor berfungsi sebagai penguat. Jadi jumlah kapasitor dan transistor yang ada pada sebuah FRAM tergantung pada kapasitas yang dimilikinya.

Prinsip dasar penyimpanan data adalah pengisian dan pengosongan kapasitor. Bedanya untuk kapasitor dengan bahan dielektrik berupa ferroelektrik adalah saat sumber tegangan sudah hilang, sebagian data yang belum sempat disimpan masih tersimpan pada polarisasi remanent bahan ferroelektriknya. Jadi walaupun daya listrik mati dengan tiba-tiba, data yang belum sempat tersimpan masih tetap berada dalam medan listrik yang ada pada bahan dielektriknya.

B. Kurva Histeresis Bahan Ferroelektrik.

Karakteristik dasar dari suatu bahan ferroelektrik yang akan digunakan untuk memori ferroelektrik didasari oleh kepiawaian dalam menggunakan polarisasi remanent yang stabil saat medan listriknya nol. Keadaan polarisasi akan dapat dikontrol apabila dipahami proses membalikinya. Penggunaan tegangan listrik pada arah tertentu akan menghasilkan polarisasi yang tertentu pula, biasanya arah ke atas (+1) dan ke bawah (0). Perubahan ini akan terlihat pada kurva histeresis. Makin besar polarisasi remanent bahan tersebut makin baik digunakan untuk memori. Sebaliknya agar penggunaan daya lebih effesien maka bahan yang baik akan memiliki E_C yang kecil. Bentuk kurva histerisis bahan ferroelektrik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva histeresis bahan ferroelektrik

Polarisasi remanent beberapa bahan yang telah diteliti dengan berbagai metode penumbuhan harganya bervariasi. Untuk SBT dengan konsentrasi Sr berturut-turut 60, 80 dan 90% didapatkan polarisasi remanent 11, 13 dan 9 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (Bhattacharyya et al, 2002).

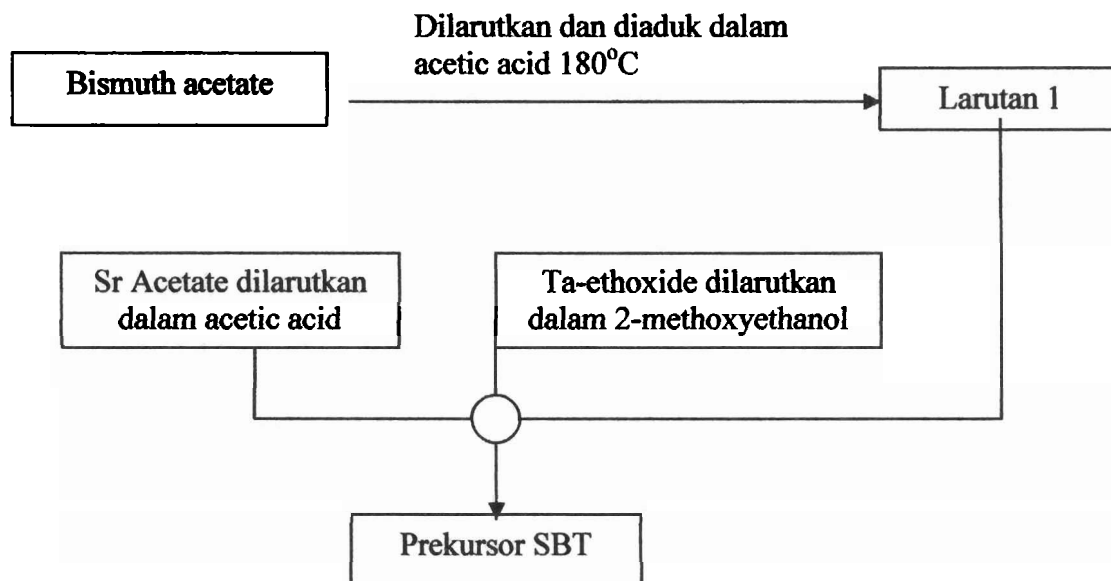
Suatu bahan apabila telah digunakan secara berulang-ulang dalam jumlah putaran baca / tulis dalam jumlah tertentu, tetapi harga polarisasi *non switching* (P_{ns}) dan polarisasi *switching* (P_s) tidak berubah atau hanya berkurang dalam jumlah yang sangat kecil sekali setelah digunakan dalam waktu yang lama, maka bahan demikian cocok digunakan untuk devais ferroelektrik "*non volatile*" memori. Bahan yang demikian memiliki harga $(P_s - P_{ns})$ dan $[(-P_s) - (-P_{ns})]$ yang konstan, atau hanya

berubah sedikit sekali, disebut bahan yang tidak lelah atau tidak memiliki masalah kelelahan (*fatigue problem*) pada pemakaian dalam waktu yang lama.

BAB III. METODE PENELITIAN

Teknik pendeposisian film tipis yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik CSD (*Chemical Solution Deposition*) dengan peralatan *Spin Coating*. Secara garis besar penumbuhan film tipis dengan tehnik CSD terdiri dari empat tahapan proses yaitu sintesis precursor, pembuatan film tipis dengan proses sol-gel, pirolisis dan *annealing*. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat gelas standar laboratorium untuk mensintesis prekursor SBT, *Spin coating* untuk mendeposisikan film tipis SBT, *hot plate* untuk pirolisis dan *furnace* untuk *annealing*.

Pembuatan precursor dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat gelas standar laboratorium. Bagan pembuatan prekursor dapat dilihat pada Gambar 2.

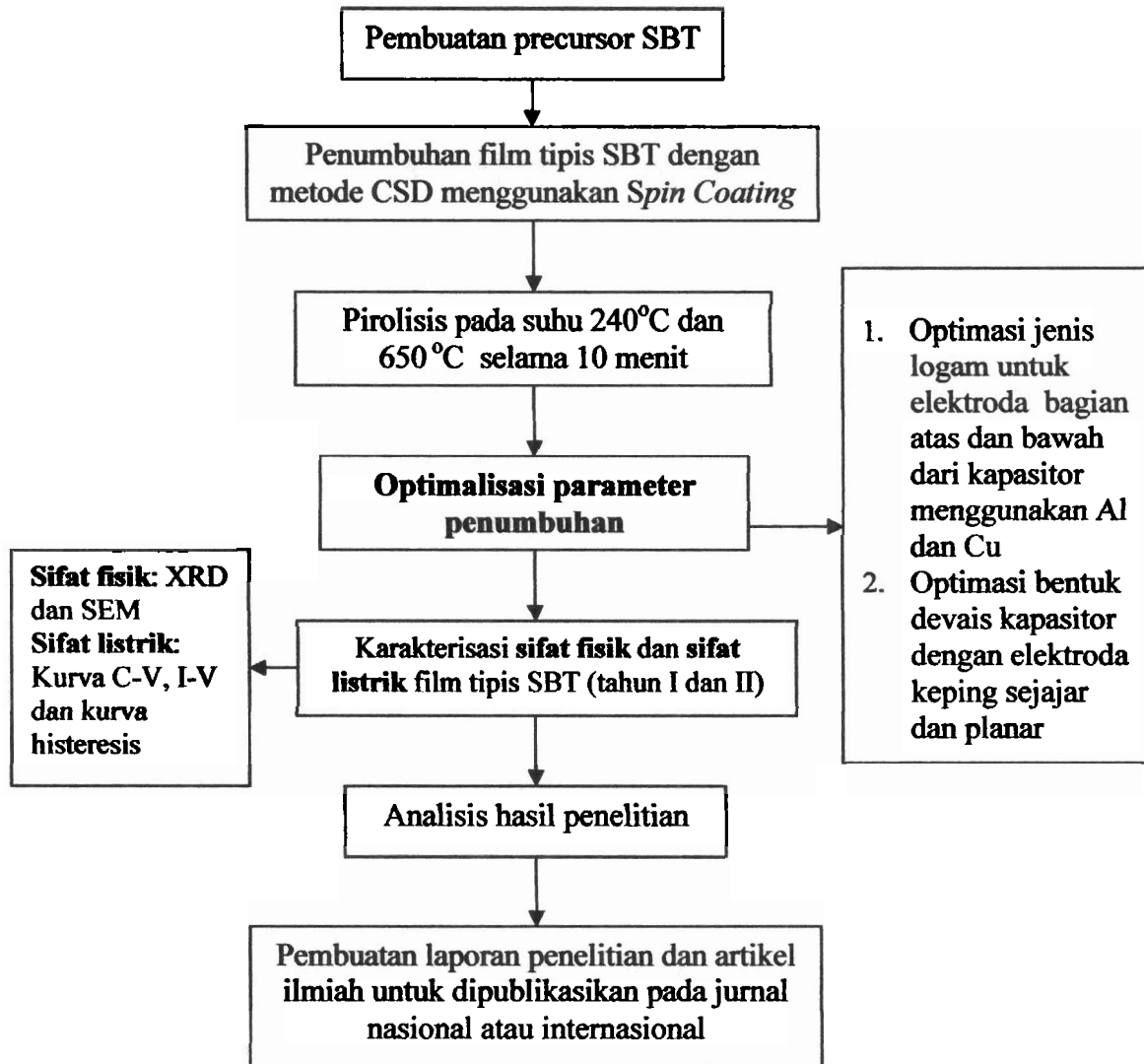


Gambar 2. Cara pembuatan perkursor SBT

Prekursor SBT yang baik ditandai oleh warna yang bening, homogen dan tidak kental. Prekursor yang sudah dibuat selanjutnya dijadikan bahan dasar untuk membuat film tipis SBT. Sifat fisik dari film tipis SBT yang diharapkan dari penelitian ini adalah *interface* yang baik antara film dengan substrat, *grain size* yang besar, ketebalan film yang homogen, intensitas XRD yang tinggi dan konstanta kisi

yang sesuai dengan data *base*. Sifat listrik yang diharapkan adalah polarisasi remanent dan konstanta dielektrik yang besar, lebar jendela histeresis dan kebocoran arus yang kecil.

Langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Langkah penelitian untuk film tipis SBT tahun II

Indikator capaian yang diharapkan adalah:

1. Dengan menggunakan parameter penumbuhan optimum dan berdasarkan sifat fisik dan sifat listrik yang diperoleh dari penelitian tahun I, diharapkan diperoleh

6. **Darvina, Yenni.** dkk. 2004, *Deposisi Film Tipis Ferroelektrik BST Dengan Teknik CSD Serta Karakterisasinya*. Laporan Penelitian HIBAH PEKERTI, Padang : UNP.
7. **Darvina, Yenni.** Dkk, 2005, *Sifat Ferroelektrik Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan Dengan Metode CSD Menggunakan Spin Coating*,(SEMINAR BKS PTN KE XVIII DI JAMBI Tanggal 17-19 Juli 2005)
8. **Darvina Yenni,** dkk, 2005, *Deposisi film tipis ferroelektrik BST dan SBT dengan teknik CSD serta karakterisasinya*, UNP (laporan Penelitian PEKERTI Th II)
9. **Darvina Yenni,** dkk, 2005 *The Effect Of Annealing Temperature On Electrical Properties Of Thin Film SrBi₂Ta₂O₉ (SBT) Grown By CSD Method With Spin Coating Technique*, Submit to Asian Physics Symposium (APS) December 7-8, 2005
10. **Darvina Yenni,** 2006, *Efek konsentrasi Prekursor Terhadap Mikro Struktur dan Komposisi Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan dengan Metode CSD*, EKSAKTA Berkala Ilmiah Bidang MIPA, Vo.I Th. VII Februari 2006.
11. Darmasetiawan, H, dkk, 2002, *Lattice Constans Analysis and Structure of Crystalline Ba_{0,5} Sr_{0,5} TiO₃ Thin Films Wsa Formed By Chemical Solution Deposition Method*, Prosiding Seminar Fisika dan Aplikasinya, Surabaya.
12. Giridharan, N.V, Jayafel, R, Ramasami, P, 2001, *Structural, Morphological and Elecrical Studies on Barium Strontium Titanate Thin Films Prepared by Sol-Gel Technique*, Cryst. Res. Technol. 36.. 1. pp. 65 – 72.
13. Jian-Gong Cheng, Jun Tang and Jun-Hao Chu, 2000, *Pyroelectric properties in sol-gel derived barium strontium titanate thin films using a highly diluted precursor solution*, Appl. Phys. Lett., Vol.77, No. 7, 14 August 2000, 1035 – 1037.
14. Kurnia, D, 1999, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.1, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
15. Kurnia, D, 2000, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.2, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
16. Kurnia, D, 2001, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.3, *Film Tipis Ferroelektrik dan Penerapannya pada Memori*
17. Kentaromorito, Jjap, Sept 2001, pp 1594
18. RT66A Standardized Ferroelektrik Test System V2.1 Operating Manual, Radiant technologies, 1992
19. Sha Zhu, Amane Inoue, Seigen Otani, and Eiichi Nagai. *A Non-Volatile Ferroelectric Memory*. FRAM Design Department, FRAM Devision, Semiconductor Group, Fujitsu Ltd. Japan.
20. Sigov, A.S, Vasiliev, V.A. Vorotilov, K.A., and Kochanchik, L.S. *Microstructure and Electrical Properties of CSD Barium-Strontium Titanate Films*. Moscow State Institute of Radioengineering, Electronics and Automation (Technical University), 117454 Moscow, Russia.
21. Suryanarayana, C, Grant Norton,M, 1998, *X-Ray Dyfraction A Practical Approach*, Plenum Press, New York.
22. Smith, William F, 1993, *Foundation of Materials Science and Engineering*, McGraw-Hill, Inc, Singapore.

23. Tirumala, Sridhar, 2000, *Integration of Ferroelectric Material into high Density Non-Volatile Random A Memories*, Material Science and Engineering.
24. Uchino, K. 2000, "*Ferroelectric Devices*". Marcel Dekker, Inc. New York.
25. Van Vlack, Lawrence H, terjemahan Sriati Djaprie, 1992, *Ilmu dan teknologi bahan*, Erlangga, Jakarta.
26. Wang, F, Uusimaki, A. and Leppavuori, S.1998, *Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ ferroelectric film prepared with the sol-gel process and its dielectric performance in planar capacitor structure*, J. Material Research, vol. 13 no. 5, 1998
27. <http://www.solgel technology>.

LAMPIRAN 1

Pertimbangan alokasi biaya

Anggaran yang dikemukakan digunakan untuk kelancaran pelaksanaan penelitian yaitu :

1. Gaji dan upah diberikan pada pelaksana penelitian seperti ketua, anggota, dan teknisi/laboran.
2. Sewa peralatan karakterisasi digunakan untuk membayar jasa karakterisasi dari sample yang diteliti (XRD, SEM, kurva C-V, I-V dan kurva histeresis) dalam rangka untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat listrik dari film tipis SBT.
3. Peralatan yang dibeli berupa tabung gas Nitrogen beserta isinya untuk keperluan penelitian di lab Fisika Material UNP Padang (melengkapi peralatan mass flow control yang telah dibeli pada tahun I).
4. Bahan habis pakai merupakan bahan dasar pembuatan precursor SBT dan bahan lain yang diperlukan selama penelitian.
5. Dana perjalanan diperlukan untuk pelaksanaan penelitian di Bandung, dan pelaksanaan seminar pemantauan atau seminar hasil di Jakarta.
6. Dana pemeliharaan diperlukan untuk perawatan peralatan laboratorium yang digunakan dalam penelitian.
7. Dana pertemuan/lokakarya/ seminar digunakan untuk seminasi hasil penelitian pada seminar nasional setelah penelitian selesai atau sedang berlangsung dan untuk publikasi.
8. Dana pembuatan laporan digunakan untuk biaya pengetikan dan penggandaan laporan.
9. Dana lain-lain digunakan untuk biaya pengelolaan di LEMLIT pada instansi peneliti (10% dari dana keseluruhan) dan pengelolaan di jurusan dan fee lab. Fisika material masing-masing sebesar 1% dari dana keseluruhan.

Anggaran untuk pelaksana Tahun II

No	Jenis biaya	Perincian/spesifikasi	Tahun II (Rp)
A	Gaji dan upah		
1	Ketua	8 bl x Rp. 800.000,00	6.400.000,00
2	Anggota (1 orang)	1 or x 8 bl x	4.800.000,00

		Rp.600.000,-	
3	Laboran / teknisi (4 orang)	4or x 3bl x Rp. 300.000,-	3.600.000,00
	Jumlah		13.800.000,00
B	Sewa peralatan untuk Karakterisasi		
1	XRD	9 x Rp. 250.000,00	2.250.000,00
2	SEM dan EDAX	9 x Rp. 600.000,00	5.400.000,00
3	Kurva C-V	9 x Rp. 200,000,00	1.800.000,00
4	Kurva I-V	9x Rp. 200,000,00	1.800.000,00
5	Kurva Histeresis	9 x Rp. 200,000,00	1.800.000,00
	Jumlah		13.050.000,00
C	Komponen peralatan		
1	Tabung Gas Nitrogen	1 buah	3.000.000,00
	Jumlah		3.000.000,00

Anggaran untuk bahan habis pakai tahun II

No	Jenis biaya	Perincian/spesifikasi	Jumlah (Rp)
A	Bahan habis		
1	Aluminium evaporation slug 99,999%	Cat No. 433705 – 5 gr	900.000,00
2	Cu evaporation slug 99,999%	Cat No. - 5 gr	1.500.000,00
3	Al evaporation slug 99,999%	Cat No. -5gr	1.500.000,00
4	Si (100) tipe-p	Ø 3 inc, 3 keping	2.250.000,00
7	Nitrogen (PA)	1 tabung	750.000,00
8	ATK	1 kegiatan	750.000,00
B	Pemeliharaan alat		1.000.000,00
C	Laporan/publikasi/penggandaan		1.000.000,00
	Jumlah		9.650.000,00

Anggaran untuk perjalanan dan seminar

No	Jenis biaya	Perincian/spesifikasi	Tahun II (Rp)
E	Perjalanan		
1	Padang- Bandung (pp) untuk pelaksanaan penelitian	Rp. 2.500.000,00	2.500.000,00
2	Seminar Pemantauan	Rp. 2.000,000,00	2.000,000,00

	di Jakarta		
	Jumlah		4.500.000,00

Pengeluaran dan lain-lain

No	Jenis biaya	Perincian/spesifikasi	Tahun I (Rp)	Tahun II (Rp)
I	Dan lain-lain			
1	Biaya pengelolaan LEMLIT 10%	Rp. 5.000.000,00	5.000.000,00	5.000.000,00
2	Biaya pengelolaan Jurusan 1%	Rp. 500.000,00	500.000,00	500.000,00
3	Fee lab. fisika material	Rp. 500.000,00	500.000,00	500.000,00
	Jumlah		3.000.000,00	6.000.000,00

Jumlah anggaran yang diusulkan adalah Rp. 50.000.000,00 (lima puluh juta rupiah) pertahun.

Total anggaran untuk 2 tahun Rp. 100.000.000,00 (seratus juta rupiah)

LAMPIRAN 2

Dukungan Pada Pelaksanaan Penelitian

- a. Dukungan aktif yang sedang berjalan : tidak ada
- b. Dukungan yang sedang dalam tahap pertimbangan : tidak ada
- c. Proposal yang sedang direncanakan atau dalam taraf persiapan : tidak ada

LAMPIRAN 3

Sarana

1). Laboratorium

Laboratorium yang digunakan untuk pembuatan sampel adalah Laboratorium Fisika Material FMIPA UNP Padang, Laboratorium Fisika Material Elektronik ITB Bandung digunakan untuk pelaksanaan karakterisasi sifat listrik, Balai Besar Keramik Bandung untuk karakterisasi XRD dan PPPGL Bandung untuk karakterisasi SEM.

2). Peralatan Utama

Peralatan utama yang digunakan adalah seperangkat alat gelas standar laboratorium untuk membuat prekursor. *Spin Coating* digunakan untuk membuat film tipis SBT. *Spin Coating* dapat dioperasikan untuk berbagai variasi frekuensi putar, maksimum sampai 6000 rpm. Peralatan ini merupakan produk dalam negeri dan dapat dioperasikan dengan baik dengan sumber listrik 240 V. *Furnace* digunakan untuk pirolisis dan *annealing*. Temperatur maksimum yang dapat digunakan adalah 1100°C. Namun untuk keselamatan alat biasanya hanya digunakan sampai 1000°C. Semua peralatan ini telah ada di Laboratorium Fisika Material UNP Padang. Peralatan untuk metalisasi ada di Laboratorium Fisika Material ITB. Sedangkan peralatan karakterisasi berada di Bandung yaitu di Balai Besar Keramik, P3GL dan PAU ITB.

3). Keterangan tambahan

Kegiatan penelitian dilakukan di UNP Padang dan Bandung. Hal ini disebabkan oleh karena alat untuk metalisasi dan karakterisasi belum ada di UNP Padang. Sarana pendukung lain yang dapat dimanfaatkan adalah peralatan gelas standar laboratorium yang ada di laboratorium Kimia UNP.

LAMPIRAN 4

Biodata Peneliti

KURRICULUM VITAE KETUA PENELITI

1). Identitas peneliti

Nama Lengkap dan Gelar : Dra. Yenni Darvina, M.Si
Tempat/tanggal lahir : Padang Panjang, 11 September 1963
Alamat rumah : Jl. BAKTI ABRI No 32A RT01 RW I, Kel.Batang
Kabung Ganting, Kec. Koto Tengah Padang 25172
Telpon/Faks/E-mail : 081363292084 / 07517058772
ydarvina @ yahoo.com

2). Pendidikan:

UNIVERSITAS/INSTITUT DAN LOKASI	GELAR	TAHUN SELESAI	BIDANG STUDI
IKIP PADANG	DRA	1988	PENDIDIKAN FISIKA
ITB BANDUNG	M.Si	2003	FISIKA

3). Pengalaman kerja dalam penelitian dan pengalaman profesional serta kedudukan saat ini:

INSTITUSI	JABATAN	PERIODE KERJA
ITB BANDUNG	Mahasiswa S2 (penelitian Tugas Akhir)	2002-2003
UNP PADANG/ ITB BANDUNG	Ketua peneliti pada HIBAH PEKERTI	2004-2005
UNP PADANG	Ketua Laboratorium Fisika Material	2004-2006

4). Daftar publikasi yang relevan dengan usul penelitian yang diajukan:

1. Irzaman, A. Fuad, *Yenni Darvina*, P. Arifin, M. Barmawi, 2002, *Voltage Responsivity of Tantalum Oxide Doped Lead Zirconium Titanate (PTZT) Thin Film and Its Application for Sensor*, (Pengalaman laboratorium/accepted for publication to Prosiding HFI Pusat, Unifersitas Udayana Bali, Juli 2002).
2. *Yenni Darvina*, Irzaman, A. Fuad, M. Budiman, P. Arifin, M. Barmawi, 2002, *Crystalline Structure Analysis of Tantalum Oxide (Ta₂O₅) Doped Lead Zirconium Titanate (PbZr_{0,525}Ti_{0,475}O₃) Ceramic*, (Pengalaman laboratorium, Accepted for

publication to proceeding Seminar Nasional Keramik, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Dept. Perindustrian dan Perdagangan, September 2002).

3. Irzaman, **Yenni Darvina**, H. Sutanto, M. Budiman, P. Arifin, M. Barmawi, 2002, *C-V Properties of Lead Zirconium Titanate ($PbZr_{0,525}Ti_{0,475}O_3$) Thin Films* (Pengalaman laboratorium, Accepted for publication to proceeding Seminar Nasional Keramik, Balai Besar Industri Keramik Bandung, Dept. Perindustrian dan Perdagangan, September 2002).
4. Irzaman, **Yenni Darvina**, A. Fuad, M. Budiman, P. Arifin, M. Barmawi, 2002, *Morphological Surface of Ta_2O_5 doped $PbZr_{0,525}Ti_{0,475}$ (PTZT) Thin Films*, (Pengalaman laboratorium, Accepted for publication to Jurnal Material dan Sains FMIPA ITB Bandung).
6. **Yenni Darvina**, 2003, Studi Pengaruh Pemberian Doping Tantalum Terhadap Sifat Ferroelektrik Film Tipis $PbZr_{0,525}Ti_{0,475}O_3$ Yang Ditumbuhkan Dengan DC Unbalanced Magnetron Sputering, (Tugas Akhir S.2 Fisika FMIPA ITB Bandung)
7. Irzaman, **Yenni Darvina**, A. Fuad, P. Arifin, M. Budiman, and M. Barmawi, 2003, *Physical and pyroelectric properties of tantalum-oxide-doped lead zirconium titanate [$Pb_{0,9950}(Zr_{0,525}Ti_{0,465}Ta_{0,010})O_3$] thin films and their and their application for IR sensors*, (Physica status solidi a, 199 . 3 . October 2003, www.physica-status-solidi.com)
8. Irzaman, **Yenni Darvina**, M. Budiman, P. Arifin, M. Barmawi, 2003, *Micro Strain and Particle Size Analysis of Tantalum Oxide Doped $PbZr_{0,525}Ti_{0,475}O_3$ (PTZT) Ceramic* (PROSIDING Seminar Nasional "Perkembangan Teknologi Keramik" September 2003)
9. **Yenni Darvina**, Syakbaniah, Ramli, Daniel Kurnia, Khairurrijal, 2004, Deposisi Film Tipis Ferroelektrik BST Dengan Teknik CSD Serta Karakterisasinya, (Laporan penelitian HIBAH PEKERTI Angkatan II tahun I)
10. **Yenni Darvina**, Nur Asma, 2004, Studi tentang masalah kelelahan bahan devais ferroelektrik memori "*Non Volatile*" (EKSAKTA Berkala Ilmiah Bidang MIPA, Vo. I Th. V Februari 2004)

11. **Yenni Darvina**, Syakbaniah, Ramli, Daniel Kurnia, Khairurrijal, 2005, Deposisi Film Tipis Ferroelektrik BST dan SBT Dengan Teknik CSD Serta Karakterisasinya, (Laporan penelitian HIBAH PEKERTI Angkatan II tahun II)
12. **Yenni Darvina**, Syakbaniah, Ramli, Daniel Kurnia, Khairurrijal, 2005, Sifat Ferroelektrik Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan Dengan Metode CSD Menggunakan *Spin Coating* (SEMINAR BKS PTN KE XVIII DI JAMBI Tanggal 17-19 Juli 2005)
13. **Yenni Darvina**, Syakbaniah, Ramli, Daniel Kurnia, Khairurrijal, 2005, *The Effect Of Annealing Temperature On Electrical Properties Of Thin Film SrBi₂Ta₂O₉ (SBT) Grown By CSD Method With Spin Coating Technique* (Submit to Asian Physics Symposium (APS) December 7-8, 2005)
14. **Yenni Darvina**, 2006, Efek konsentrasi Prekursor Terhadap Mikro Struktur dan Komposisi Film Tipis BST Yang Ditumbuhkan dengan Metode CSD (EKSAKTA Berkala Ilmiah Bidang MIPA, Vo.2 Th. VII September 2006)

Padang, Oktober 2007



Dra. Yenni Darvina, M.Si
NIP. 131851525

KURRICULUM VITAE ANGGOTA PENELITI

- a. Nama : Dr. rer.nat. Jon Efendi, M.Si.
b. Tempat dan tanggal lahir : Sumpur, 10 Maret 1963
c. Kedudukan / Jabatan : Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA UNP/ Asisten Ahl
d. Alamat Kantor : Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang (25131)
e. Nomor telepon : (0751)58772
f. Alamat Rumah : Jalan Pagai RT 02 RW 04 Ikur Koto Kec. Koto Tangah,
Padang
g. Nomor Telepon : 08158791554
h. E-mail : khalidsefendi@yahoo.com

Pendidikan

No	Tempat Pendidikan	Tahun Tamat	Tempat	Bidang Studi
1.	TU Bergakademie Freiberg (S-3)	2003	Freiberg/ Germany	Kimia
2.	Institut Teknologi Bandung (ITB) (S-2)	1994	Bandung	Kimia
3.	IKIP Padang (S-1)	1988	Padang	Pendidikan Kimia

Riwayat Pekerjaan :

No	Jabatan Yang Diemban	Bidang Studi
1.	Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA UNP	1990 - sekarang

Pengalaman Riset

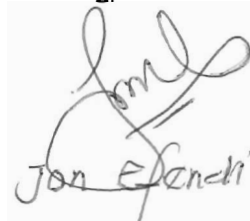
1. Riset tentang pembentukan kompleks dari Basa-Schiff, yang disintesa melalui reaksi kondensasi antara *3-amino-propyl-triethoxysilan* dan *3-(2-aminoethylamino)-propyl-trimethoxysilan* dan beberapa senyawa α -hidroxykarbonyl, dengan logam transisi deret pertama, *bortrimethylester*, $B(OMe)_3$ dan $SnCl_2$. Riset ini dilakukan untuk penyusunan Dissertasi di TU Bergakademie Freiberg (Germany).
2. Sintesa Prekursor stronsium bismut tantalat (BST) dan Strorium barium asetat (SBT) melalui proses Sol-Gel sebagai bahan dasar pembuatan film tipis bersifat ferroelektrik. Riset ini dilakukan dalam kerja sama dengan staf Jurusan Fiska FMIPA UNP melalui dana Penelitian Pekerti (2003)

Publikasi Ilmiah

1. *Sintesa Basa-Schiff dari 3-amino-propyl-triethoxysilan dan 3-(2-aminoethyl-amino)-propyl-trimethoxysilan dan beberapa senyawa α -hidroxykarbonyl*, Proceeding, Seminar Nasional Bidang MIPA dan Temu Alumni FMIPA UNP Tahun 2005

2. Perubahan Nilai 10 Dq dan Racah Parameter(B) Senyawa Kompleks Nikel(II) Melalui Variasi Perbandingan Campuran Ligan Piridin dan Etilendiamin, Eksakta, 2005
3. Sintesis Keramik Stronsium Bismut Tantalat (SBT), $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$, Melalui Metoda Sol-Gel, Saintek, 2006

Padang, Oktober 2007



Jon E. Sani