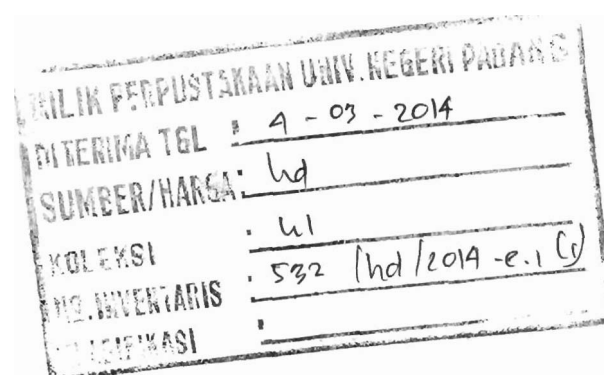


MAKALAH SEMINAR

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



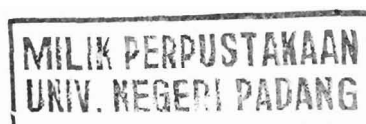
OLEH:

Yenni Darvina¹

Jon Effendi²

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

**Disampaikan pada:
SEMIRATA Bengkulu, 13-14 Mai 2008**





**PANITIA PELAKSANA
SEMIRATA BKS-PTN WILAYAH INDONESIA BARAT
BIDANG ILMU MIPA
BENGKULU, 13 - 14 MEI 2008
KAMPUS UNIVERSITAS BENGKULU**



BKS PTN BARAT
Bidang Ilmu MIPA

Gedung T, Kampus UNIB Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu, Telp.: (0736)20919, 21170 ext. 208
<http://www.geocities.com/semirata2008> email : semirata2008@yahoo.com

Nomor : 67/Panpel/Semirata/2008

Yang bertanda tangan di bawah ini panitia SEMIRATA BKS-PTN Wilayah Indonesia Barat Bidang Ilmu MIPA, menerangkan bahwa:

Nama : Yenni Darvina
Instansi : UNP
Judul Makalah : **Efek Variasi Waktu Annealing dengan Menggunakan Lingkungan Udara Luar Terhadap Mikrostruktur Film Tipis SBT yang Ditumbuhkan dengan Metode CSD**

Benar-benar telah menyampaikan makalah penelitian pada acara tersebut di Universitas Bengkulu pada tanggal 13-14 Mei 2008.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, 14 Mei 2008

Ketua Panitia,

Drs. Suwarsono, MS
NIP. 131 650 530



**EFEK VARIASI WAKTU ANNEALING DENGAN MENGGUNAKAN
LINGKUNGAN UDARA LUAR TERHADAP MIKROSTRUKTUR 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

ABSTRAC

The SBT thin films were grown on p-type Si (100) by CSD method with spin coating technique. The pyrolysis temperature at 240 and 650°C for 10 minutes. The films were annealed in atmosphere ambient at temperature of 900°C. The annealing time varied at (0.5), 1, 2, and 4 hours. This research result in SBT product with crystal plane (115), (200), and (0010) for annealing time (0.5), 1 and 4 hours, and additional crystal plane (006) for annealing time 2 hours. The grain size for the annealing time (0.5), 1, 2 and 4 hours were: 4.480 nm, 6.509 nm, 5.970 nm and 4.477 nm. The result showed that the variation of annealing time influenced the microstructure of thin films, such as intensity of XRD curve, formation of crystal plane and grain size. The lattice constant with annealing time 1 hours tied closely to those of data base. The lattice constant from SBT thin films: $a = 5.5267 \text{ \AA}$, $b = 4.6380 \text{ \AA}$, and $c = 24.990 \text{ \AA}$. The optimum time for annealing was 1 hours.

Key words : Ferroelectric, SBT, annealing time, microstructure.

A. PENDAHULUAN

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). Sifat-sifat di atas tidak terlepas dari cara pembuatan bahannya yaitu dalam bentuk film tipis.

Pembuatan film tipis dengan metode *Chemical 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 di *annealing*. 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. Selain *annealing*, pada metode CSD diperlukan pemanasan pada temperatur tertentu dengan waktu tertentu yang dikenal dengan pirolisis. Pirolisis dilakukan pada temperatur titik didih dari pelarut yang digunakan yaitu 240 dan 650°C dengan waktu 10 menit.

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 Arrhenius (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.

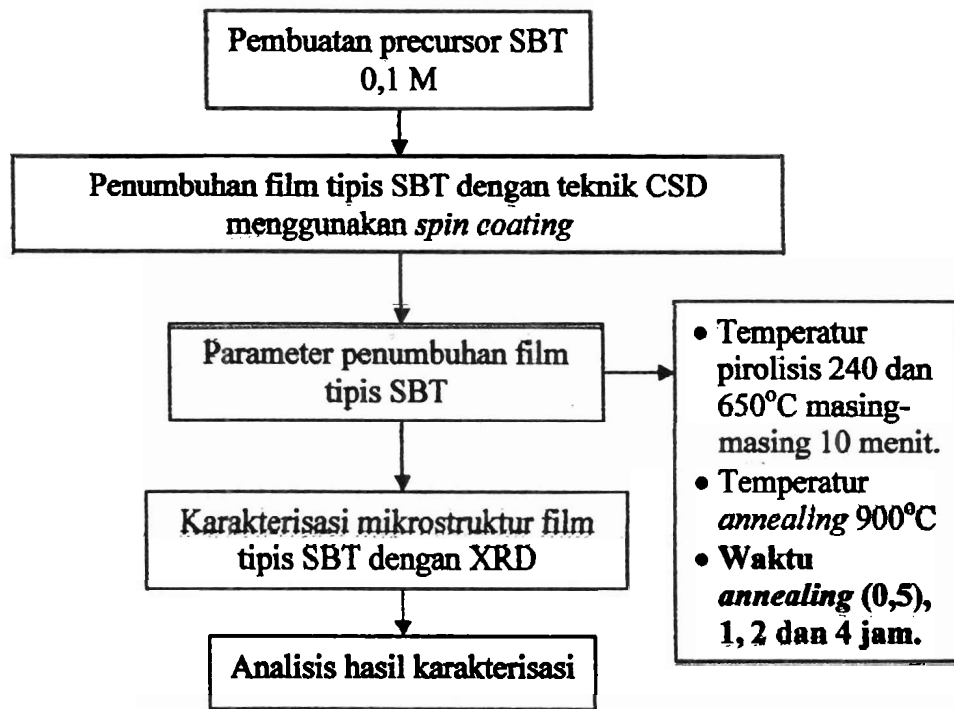
Hubungan antara waktu *annealing* dengan morfologi film tipis sangatlah berpengaruh satu sama lain. Waktu *annealing* memberi pengaruh terhadap laju peningkatan kristalisasi. Sehingga waktu *annealing* dapat memberikan pengaruh terhadap ukuran butir yang ditumbuhkan. Menurut penelitian yang telah dilakukan Darmasetiawan dkk (2002) 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 diteliti pengaruhnya terhadap morfologi film tipis yang dihasilkan. Morfologi yang dimaksud di sini adalah *grain size* (ukuran butir), bidang kristal yang terbentuk dan konstanta kisi film tipis. 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 mikrostruktur film tipis SBT yang dideposisi dengan metode CSD menggunakan *Spin Coating*?

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. Langkah penelitian yang akan dilakukan terhadap film tipis SBT dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Langkah penelitian untuk film tipis SBT

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 kisinya. 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 (*grain size*) dengan menggunakan rumus 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

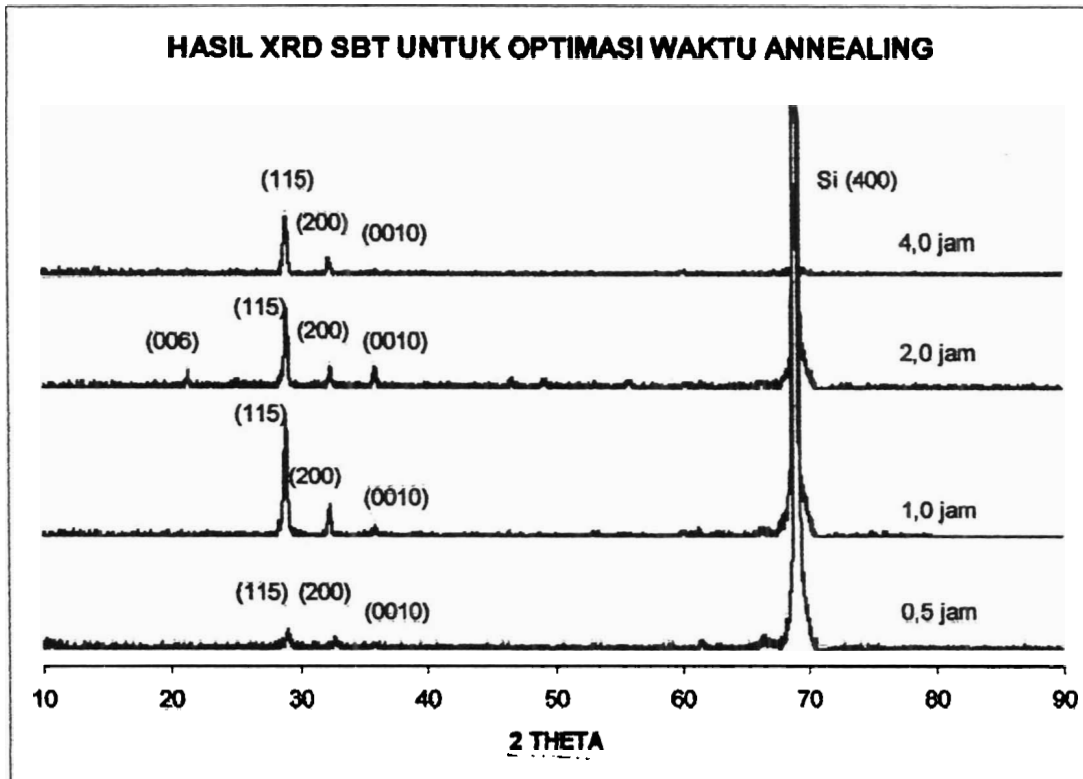
FWHM = Full Width Half Maximum dari grafik XRD

θ = sudut terpancar difraksi

B. HASIL PENELITIAN

Mikrostruktur film tipis SBT yang diteliti adalah berupa bidang kristal, ukuran butir dan konstanta kisi. Untuk mendapatkan mikrostruktur ini dilakukan karakterisasi XRD.

Hasil XRD dari film tipis SBT sebagai variasi waktu *annealing*, dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2. 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 2. Hasil XRD SBT untuk optimasi waktu *Annealing*

Dari Gambar 2 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 ANNEALING	2θ	hkl	INTENSITAS	FWHM
1	0,5 jam	(29,09)	(115)	49	29,19 – 28,87 = 0,32
		(32,67)	(200)	32	
		(35,87)	(0010)	13	
2	1 jam	(28,93)	(115)	331	29,09 – 28,85 = 0,22
		(32,37)	(200)	86	

		(35,91)	(0010)	28	
3	2 jam	(21,39)	(006)	45	29,15 – 28,91 = 0,24
		(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	

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. Berdasarkan harga FWHM dapat dicari ukuran butir dengan menggunakan rumus 5.

Tabel 2. 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

Dari tabel 1 dan 2 terlihat bahwa intensitas puncak tertinggi, ukuran butir terbesar dan FWHM terkecil terdapat pada *annealing* 1 jam. 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 terbanyak mendekati harga pada data base juga terdapat pada *annealing* 1 jam (Harga konstanta kisi SBT dari data base adalah a = 5,5306 Å, b = 5,5344 Å dan c = 24,9839 Å). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa waktu 1 jam merupakan waktu optimum untuk *annealing* pada temperatur 900°C.

D. ANALISIS HASIL PENELITIAN

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

Untuk variasi waktu *annealing* terlihat bahwa hasil XRD pada *annealing* 0,5 jam memiliki intensitas puncak yang masih rendah, sedangkan pada *annealing* 1 jam diperoleh intensitas puncak tertinggi. Sedangkan pada waktu *annealing* 2 dan 4 jam intensitasnya kembali berkurang. 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. 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. Untuk penelitian ini intensitas puncak tertinggi diperoleh pada waktu *annealing* 1 jam.

Variasi waktu *annealing* mempengaruhi pembentukan bidang kristal SBT yang muncul. Hal ini menandakan bahwa bertambahnya waktu *annealing* maka semakin banyak energi yang masuk pada film sehingga makin banyak atom atau molekul yang memperoleh energi aktivasi. 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. Bidang kristal yang terbentuk untuk semua variasi waktu *annealing* dengan menggunakan temperatur optimum 900°C secara umum adalah sama, kecuali untuk *annealing* 2 jam terjadi tambahan puncak 1 buah

dengan intensitas yang kecil. Namun dari segi intensitas puncak, diperoleh puncak tertinggi pada *annealing* 1 jam. Hal ini menandakan bahwa pembentukan kristal optimum terjadi pada *annealing* 1 jam.

Selanjutnya berdasarkan hasil XRD di atas, diperoleh intensitas XRD terbesar, FWHM terkecil, ukuran butir terbesar dan harga konstanta kisi yang paling banyak mendekati harga pada data base adalah pada *annealing* 1 jam. Dengan demikian dapat dikatakan waktu *annealing* optimum adalah 1 jam.

Dari 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 mikrostruktur 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 mikrostruktur film tipis SBT dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi waktu *annealing* mempengaruhi mikrostruktur dari film tipis SBT.
2. Untuk melakukan kristalisasi secara optimum diperlukan jumlah waktu tertentu. Waktu *annealing* optimum untuk SBT adalah 1 jam dengan temperatur *annealing* 900°C.
3. Pada penelitian ini didapatkan ukuran butir 6,509 nm, 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).

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 : Surat Perjanjian No: APHB - 134/H35.2/Ku/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 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. 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, *Deposit 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 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.
11. Kurnia, D, 1999, Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu VI.1, *Film 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 Diffraction A Practical Approach*, Plenum Press, New York
17. Tirumala, Sridhar, 2000, *Integration of Ferroelectric Material into high Density Non-Volatile Random Access 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>.

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG