

**PENGARUH WAKTU LELEH TERHADAP MORFOLOGI PERMUKAAN
DAN TEMPERATUR KRITIS BAHAN KERAMIK Bi-2223
SUPERKONDUKTOR HASIL SINTESIS DENGAN
METODE SELF-FLUKS**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh :

BADRIYATUL FAIZAH
NIM. 201810201088



Handwritten notes and stamps in purple ink. The text includes:
- "Kelas 730.4 FAI P" with an arrow pointing to the top right.
- "No. 180108" (likely NIM).
- "Cat" (likely a signature or initials).
- "F30.4 FAI P" (likely a classification code).
- "No. 180108" (likely NIM).
- "Cat" (likely a signature or initials).

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
NOVEMBER, 2004**

MOTTO

Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan seseorang dalam kedudukan yang terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat.

(HR. Ar-Arbi'i)

Barang siapa diuji lalu bersabar, diberi lalu bersyukur, dizalimi lalu memaafkan dan menzalimi lalu beristighfar, maka bagi mereka keselamatan dan mereka tergolong orang-orang yang memperoleh hidayah.

(HR. Al-Baihaqi)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini kepada :

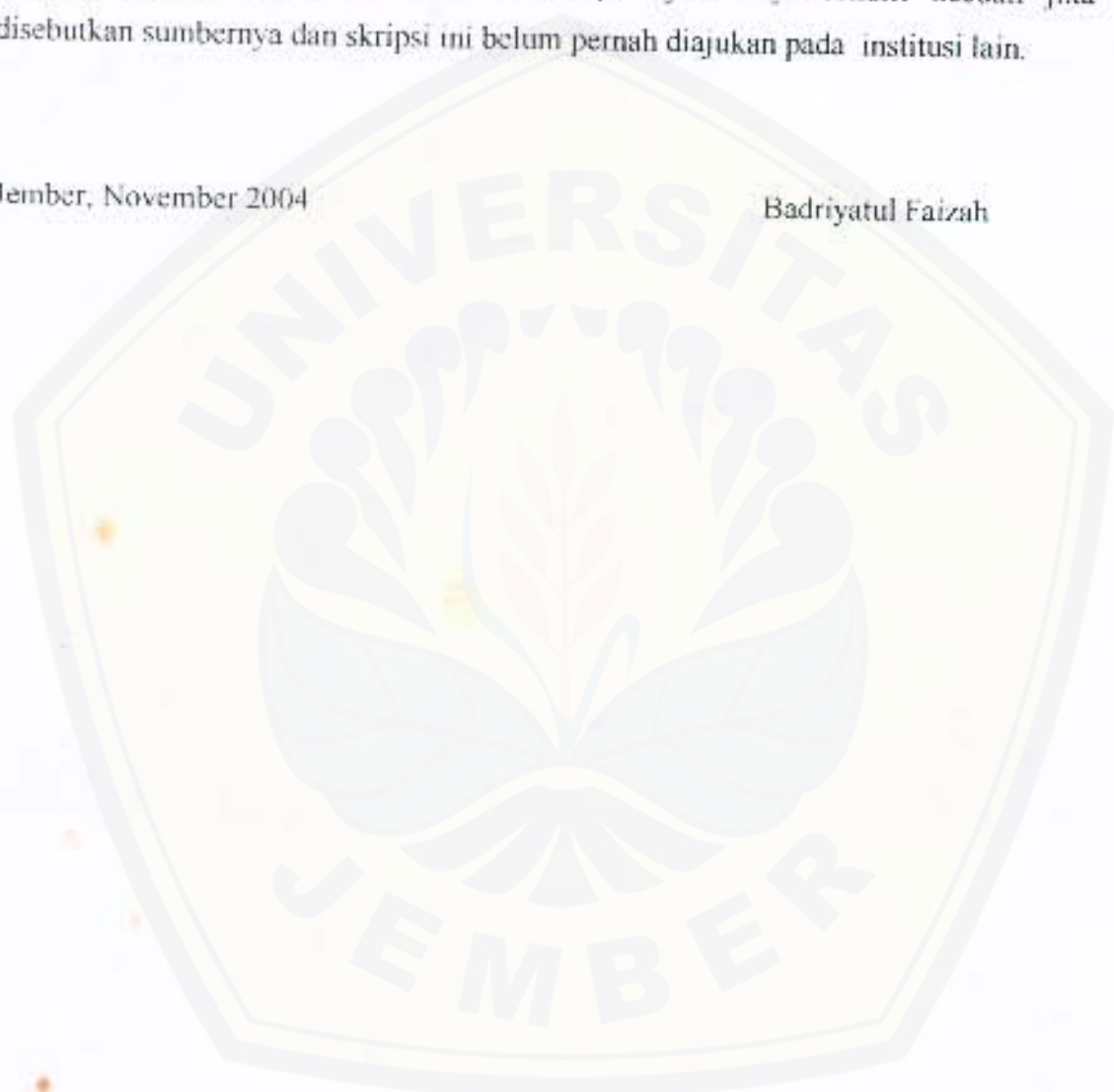
1. Allah SWT, atas ridho-nya skripsi ini dapat kuselesaikan dengan baik.
2. Bapak dan Ibu, yang telah memberikan curahan kasih sayang serta do'anya.
3. Kakak-kakak dan Adik-adikku, yang telah memberiku dukungan dan motivasi.
4. Bu Nanik dan Pak Jito, terima kasih telah membimbingku dengan penuh kesabaran.
5. Teman-teman angkatan 2000 fisika, terima kasih atas supportnya, terutama untuk sahabatku @rif dan Ririn yang selalu memberiku motivasi dan thank's atas semua bantuanya.
6. Teman-teman tim '*Superconductor*', Mas Hendro, Ririn, Mbak Novi, Mbak Rieke, Mas Andy, Mas Irjik, Elly, Andes, Aris dan Yuli F.
7. Teman-teman Kost Kalem '88, Mbak Nana, Mbak Arik, Mbak Timi, Mbak Eka, Mbak Nani, Mbak Yuli, Mbak Reni, Siti, Rosidah, Cicin, Ririn, Ais, Atak, Dewi, Tyo, Ratna, Novi, Dyah, Yeni, dan Wanti.
8. Almamaterku yang kubanggakan.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja/penelitian mulai bulan Februari 2004 sampai dengan bulan Agustus 2004 di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Geofisika, dan Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Jember. Bersama ini saya nyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, November 2004

Badriyatul Faizah



ABSTRAK

Pengaruh Waktu Leleh terhadap Morfologi Permukaan dan Temperatur Kritis Bahan Keramik Bi-2223 Superkonduktor Hasil Sintesis dengan Metode Self-Fluks, Badriyatul Faizah, 201810201088, Skripsi, Bulan November, Tahun 2004, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Telah dilakukan eksperimen pembentukan bahan keramik $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ atau disingkat Bi-2223 superkonduktor dengan menggunakan metode self-Fluks. Sintesis bahan dilakukan melalui pencampuran cara hasah menggunakan HNO_3 65% + aquades dan reaksi padatan. Bahan dikalsinasi pada suhu 820°C selama 40 jam dan dilakukan proses pelelehan pada suhu 875°C selama variasi waktu leleh yaitu 30 menit, 48 menit, dan 60 menit. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan lambat dari suhu 875°C ke suhu 830°C dengan laju pendinginan $1^\circ\text{C}/\text{jam}$. Dari hasil analisis temperatur kritis (T_c) menggunakan metode empat titik diketahui bahwa waktu leleh $t_m = 30$ menit adalah waktu leleh optimum untuk mendapatkan bahan keramik Bi-2223 dengan T_c sebesar 102,5 K. Sedangkan dari hasil analisis morfologi permukaan bahan dengan menggunakan mikroskop optik didapatkan bahwa bahan dengan waktu leleh $t_m = 30$ menit memiliki struktur permukaan yang halus karena ukuran butirannya kecil dan butiran tersebar dengan merata.

Kata Kunci : Superkonduktor, Bahan Keramik Bi-2223, Waktu leleh, Morfologi permukaan, Temperatur kritis (T_c), Metode Self-Fluks

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari :
Tanggal : **SENIN**
27 DEC 2004
Tempat :

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)

Dra. Nanik Yulianti, M. Si
NIP. 132 162 508

Drs. Sujito, P hD
NIP. 131 756 172

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Agung T. Nugroho, S. Si, M. Phil
NIP. 132 085 972

Sutisna, S. Pd, M. Si
NIP. 132 257 929

Mengesahkan,

Dekan F. MIPA Universitas Jember



S. Sumadi, M.S
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyusun karya tulis ini dengan judul *"Pengaruh Waktu Leleh Terhadap Morfologi Permukaan Bahan dan Temperatur Kritis Bahan Keramik Bi-2223 Superkonduktor Hasil Sintesis dengan Metode Self-Fluks"* dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu hingga skripsi ini terselesaikan, antara lain kepada:

1. Dra. Nanik Yulianti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah dengan penuh kesabaran membimbing penulis dari awal sampai akhir penulisan skripsi ini.
2. Dr. Sujito selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah mendampingi penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Agung TN, Mphil selaku Dosen penguji I.
4. Sutisna, S. Pd, M.Si selaku Dosen penguji II.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi para pembaca. Dan taklupa penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun, karena penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan.

Penulis

Jember, November 2004

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN MOTTO.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN DEKLARASI.....	iv
HALAMAN ABSTRAK.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Diagram fase.....	4
2.2 Superkonduktor Sistem BSCCO.....	7
2.3 Karakteristik Superkonduktor.....	8
2.3.1 Efek Meissner.....	8
2.3.2 Temperatur Kritis.....	9
2.3.3 Medan Kritis.....	9

2.4 Metode Pembentukan Kristal	11
2.4.1 Metode Self Fluks	11
2.4.2 Metode Fluks	13
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan penelitian	14
3.2.1 Alat	14
3.2.2 Bahan	15
3.3 Sintesa Bahan	16
3.4 Karakterisasi Bahan	19
3.4.1 Mikroskop Optik	19
3.4.2 Temperatur Kritis	19
3.5 Analisis Data Hasil Eksperimen	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Sintesis Bahan keramik Bi-2223 superkonduktor	23
4.2 Morfologi Permukaan Bahan Keramik Bi-2223 Superkonduktor	23
4.3 Hasil Pengukuran Temperatur Kritis (T_c)	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
DAFTAR ISTILAH	36
LAMPIRAN-LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram fase senyawa multikomponen yang mempunyai sifat lelehan kongruen (A_2B) dan inkongruen (AB_2).....	4
Gambar 2.2 Diagram fase sistem $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_xCu_{0.1}O_{7-2x}$	6
Gambar 2.3 Struktur kristal dari ketiga fase superkonduktor BSCCO.....	7
Gambar 2.4 Fenomena levitasi pada bahan superkonduktor $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$	8
Gambar 2.5 Grafik hubungan antara ρ terhadap T	9
Gambar 2.6 Kurva medan magnet (H) terhadap suhu (T) pada bahan superkonduktor tipe I (a) dan tipe II (b).....	10
Gambar 2.7 Kurva magnetisasi (M) dan medan magnet (H) pada bahan superkonduktor tipe I dan tipe II.....	11
Gambar 2.8 Prinsip Pertumbuhan Kristal dengan Metode Self-Fluks.....	12
Gambar 3.1 Diagram alir sintesis sampel superkonduktor.....	16
Gambar 3.2 Diagram Pelelehan.....	18
Gambar 3.4 Skema metode "Four Point Probe".....	20
Gambar 4.1 Foto Mikroskop Optik bahan hasil sintesis Bi-2223 masing-masing dengan Waktu leleh : (a). $t_m = 30$ menit; (b). $t_m = 48$ menit; dan (c). $t_m = 60$ menit.....	24
Gambar 4.2 Grafik resistivitas versus temperatur untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 30$ menit.....	26
Gambar 4.3 Grafik resistivitas versus temperatur untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 48$ menit.....	26
Gambar 4.4 Grafik resistivitas versus temperatur untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 60$ menit.....	27
Gambar 4.5 Grafik resistivitas versus temperatur pada kondisi diatas temperatur kritis untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 30$ menit.....	29
Gambar 4.6 Grafik resistivitas versus temperatur pada kondisi diatas temperatur kritis untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 48$ menit.....	29
Gambar 4.7 Grafik resistivitas versus temperatur pada kondisi diatas temperatur kritis untuk sampel dengan waktu leleh $t_m = 60$ menit.....	30

Gambar 4.8 Grafik hubungan antara lebar temperatur transisi (ΔT_c) terhadap waktu leleh (t_m)	31
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara temperatur transisi (T_c) dengan lebar temperatur transisi (ΔT_c).....	32



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Komposisi serta parameter yang digunakan dalam eksperimen	15
Tabel 3.2 Perhitungan komposisi bahan dasar dalam pembuatan masing-masing sampel	15
Tabel 3.3 Data parameter dari bahan yang akan dicari	21
Tabel 4.1 Nilai $T_{c-onset}$, T_{c-mid} , $T_{c-0.9T_c}$, $T_{c-onset}$ hasil sintesis bahan $Bi_{2.2}Sr_7Ca_7Cu_3O_{10+\delta}$ (Bi-2223).....	28



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu fenomena fisika yang sangat menarik adalah apabila secara tiba-tiba hambatan listrik dari suatu bahan lenyap saat temperaturnya diturunkan sangat rendah melampaui temperatur kritis tertentu (Kittel, 1976). Temperatur kritis (T_c) merupakan temperatur yang dicapai saat resistivitas bahan bernilai nol. Fenomena ini lebih dikenal dengan gejala superkonduktivitas.

Superkonduktivitas pertama kali ditemukan pada tahun 1911 oleh H. Kamerlingh – Onnes di Belanda sebagai hasil dari penelitian pencairan gas helium (Affandy, 2002). Pada tahun 1985 di laboratorium riset IBM di Zurich, A. Muller dan G. Bednordz menemukan bahwa senyawa keramik tembaga oksida dapat memiliki sifat superkonduktor pada suhu yang relatif tinggi, saat ini bahan superkonduktor dengan temperatur kritis yang tinggi dimiliki oleh golongan ini yaitu 125 K (Pikatan, 1989). Kemudian Maeda menemukan $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ (selanjutnya bahan ini disebut BSCCO) yang merupakan jenis material baru dengan sifat superkonduktif, yaitu bahan keramik yang mengandung tembaga oksida (Barnawi, dkk, 1993).

Superkonduktor sistem BSCCO memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan superkonduktor yang lain, diantaranya suhu kritis yang relatif lebih tinggi dan kemurahan bahan dasar karena tak mengandung unsur tanah jarang (*rare earth element*) (Suharta, 1997).

Sintesis bahan keramik BSCCO superkonduktor dapat dilakukan melalui beberapa metode, antara lain metode “self-fluks” dan metode “fluks” (Darminto, dkk, 1999). Kedua macam metode tersebut sangat sederhana dan dengan biaya yang murah, akan tetapi pada metode “self-fluks” fluks atau pelarut pada suhu tinggi yang digunakan yaitu dari salah satu atau beberapa unsur pembentuk dari senyawa itu sendiri. Sedangkan pada metode “fluks” Yang digunakan sebagai fluks yaitu berasal

dari unsur lain diluar dari unsur pembentuk senyawa yang dibuat, misalnya KCl, NaCl, KF, B₂O₃, dll (Suharta, 1997).

Sintesis bahan keramik superkonduktor golongan BSCCO dengan menggunakan metode self-fluks telah banyak dilakukan untuk mencari bahan superkonduktor dengan kualitas yang baik yaitu memiliki temperatur kritis yang tinggi, seperti dilakukan oleh Nomura et al dalam Kitazawa (1989) yang menyatakan bahwa dengan menambahkan fluks Sr dan Ca pada bahan superkonduktor Bi-2212 dengan rumus Bi₂(Sr,Ca)_{1-x}Cu₂O_y yang divariasi nilai x = -0.2 sampai 0.3 mendapatkan nilai temperatur kritis tinggi yaitu 84 K dibandingkan dengan Bi-2212 tanpa menggunakan fluks yang hanya memiliki temperatur kritis 80 K.

Penelitian lain dilakukan oleh Kishida et al pada tahun 1995 yang mengungkapkan bahwa sintesis bahan superkonduktor Bi-2212 dengan metode self-fluks mampu mempertinggi nilai temperatur kritis bahan yang mencapai 89 K dengan ukuran kristal optimum 6 x 2 mm².

Berdasarkan penelitian tersebut maka akan dicoba dilakukan sintesa bahan superkonduktor golongan BSCCO pada fase 2223 (Bi-2223) dan menggunakan fluks Bi₂O₃ dengan kadar fluks 0.2. Penelitian ini diharapkan akan diperoleh temperatur kritis yang lebih baik dibandingkan sintesa bahan superkonduktor tanpa menggunakan fluks.

Fenomena superkonduktivitas ini dapat diaplikasikan pada berbagai bidang industri, misalnya dalam industri tenaga listrik yang higgsa saat ini diperkirakan lima puluh persen energi listrik yang dibangkitkan hilang sia-sia ketika ditransmisikan ke konsumen. Kehilangan listrik ini akan mendekati nol persen apabila menggunakan kabel superkonduktor. Selain itu juga dimungkinkan untuk membuat magnet yang sangat kuat, sehingga dapat diwujudkan berbagai produk teknologi baru yang mempunyai sifat unggul antara lain dapat dibuat alat untuk mengukur sinyal magnetik dari jantung dan otak manusia (Anonim, 2003).

Untuk mengetahui hubungan waktu leleh terhadap morfologi permukaan bahan maka akan dilakukan pengamatan terhadap foto morfologi permukaan dengan menggunakan mikroskop optik. Dan untuk mengkaji hubungan waktu leleh terhadap temperatur kritis (T_c) maka akan dilakukan pengukuran temperatur kritis bahan menggunakan metode *four point probe*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji pada bahan keramik Bi-2223 superkonduktor hasil sintesis dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan waktu leleh terhadap morfologi permukaan bahan Bi-2223 superkonduktor dan temperatur kritis (T_c) bahan hasil sintesis dengan metode self-fluks.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan bahan keramik Bi-2223 superkonduktor dengan metode self-fluks.
2. Mengetahui pengaruh waktu leleh terhadap temperatur kritis dari bahan keramik Bi-2223 superkonduktor.
3. Mengetahui pengaruh waktu leleh terhadap morfologi permukaan bahan keramik Bi- 2223 superkonduktor.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam hal :

1. Pengembangan ilmu pengetahuan bahan khususnya bahan superkonduktor.
2. Bertambahnya pengetahuan mengenai metode penumbuhan kristal superkonduktor khususnya metode self-fluks.
3. Menggali bahan superkonduktor yang dapat diaplikasikan dalam bidang industri dan teknologi.

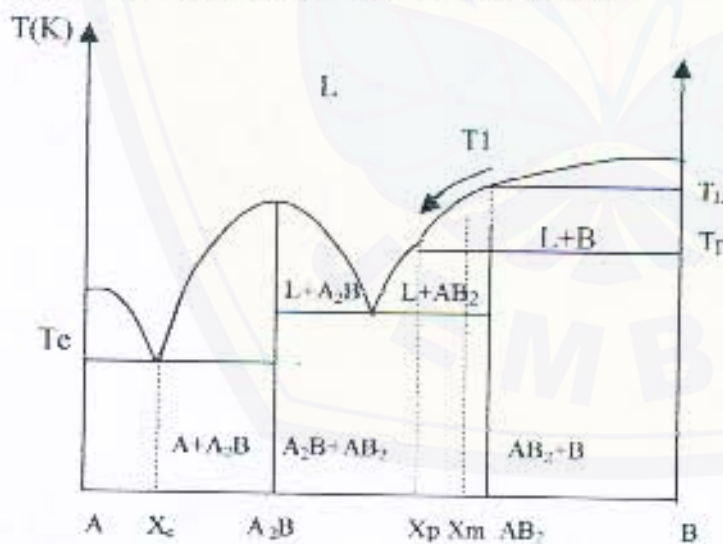


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diagram Fase

Diagram fase merupakan diagram yang dapat digunakan sebagai pedoman atau peta jalan (roadmaps) untuk mencapai sasaran yang tepat dan mempermudah eksperimen penumbuhan kristal (informasi praktis yang sesuai) dan perencanaan pembuatan komposisi yang baru. Diagram fase juga dapat menunjukkan fase yang ada pada suhu tertentu atau komposisi paduan pada keadaan kesetimbangan (equilibrium) artinya bila semua reaksi yang terjadi telah selesai (Harmi, 2000). Diagram fase senyawa multikomponen yang ditampilkan dalam gambar 2.1 dapat dijadikan sebagai contoh bahan ulasan.

Senyawa padatan yang meleleh secara kongruen adalah senyawa dengan fase padatan (S) yang dapat berada dalam keadaan setimbang dengan fase cairnya (L) dalam komposisi komponen yang sama. Contoh dalam diagram fase tersebut yaitu senyawa yang meleleh secara kongruen adalah A_2B .



Gambar 2.1. Diagram fase senyawa multikomponen yang mempunyai sifat lelehan kongruen (A_2B) dan inkongruen (AB_2) (Tjia, 2000).

Kristal senyawa kongruen dapat ditumbuhkan langsung dari lelehannya, karena senyawa jenis ini tidak mengalami perubahan komposisi kimia dalam proses transisi $S \rightarrow L$, seperti diperlihatkan oleh diagram fase tersebut yaitu senyawa A_2B .

Senyawa padatan yang meleleh secara inkongruen akan mengalami perubahan komposisi pada proses transisi $S \rightarrow L$, seperti diperlihatkan oleh diagram fase senyawa multikomponen yaitu senyawa AB_2 yang berawal dari fase padatan, dalam proses pemanasan akan mulai mengalami dekomposisi pada suhu leleh tertinggi atau suhu peritektik (T_p) menjadi campuran fase cairan dan fase padatan (L-B) dengan komposisi berlainan dari semula.

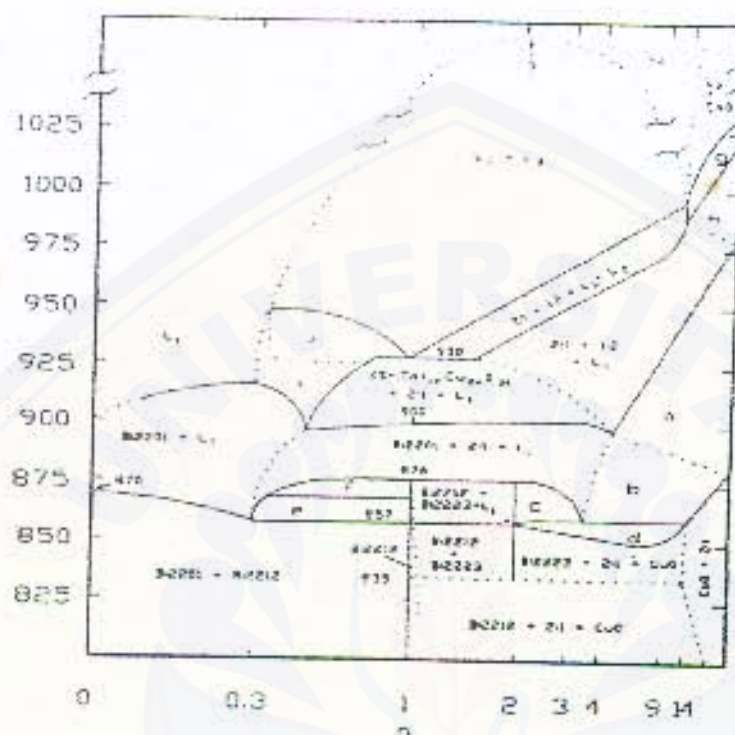
Pembentukan kristal dari senyawa yang meleleh secara inkongruen melalui reaksi peritektik (pelelehan di atas T_p dan pendinginan melalui T_p) pada umumnya akan menimbulkan perubahan komposisi kimia, atau menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan (impuritas).

Superkonduktor T_c tinggi pada umumnya meleleh secara inkongruen. Karena itu untuk menghasilkan senyawa dengan susunan kimia (fase) murni dalam kristal, proses sintesis yang melibatkan reaksi peritektik harus dihindari. Metode yang dapat digunakan untuk menghindari adanya reaksi peritektik tersebut yaitu metode "Self-fluks" dan metode "Travelling Solvent Floating Zone (TSFZ)" (Tjia, 2000).

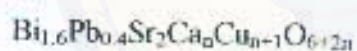
Diagram fase untuk keperluan sintesis pada penelitian mengacu pada hasil yang telah didapatkan Strobel dan kawan-kawan seperti tampak pada gambar 2.2. Diagram fase yang digunakan Strobel yaitu $Bi_{1,6} Pb_{0,4} Sr_2 Ca_n Cu_{n+1} O_{6+2n}$ dengan n bervariasi. Dalam diagram fase tersebut terdapat lima daerah fase untuk terjadinya pembentukan fase 2223, yaitu daerah fase $Bi-2212 + Bi-2223 + L1$, daerah fase $Bi-2223 + (Sr,Ca)_2 CuO_3 + L1$, daerah fase $Bi-2223 + (Sr,Ca)_2 CuO_3 + CuO + L1$, daerah fase $Bi-2223 + (Sr,Ca)_2 CuO_3 + CuO$, dan daerah fase $Bi-2212 + Bi-2223$.

Dari kelima daerah fase tersebut, daerah fase $Bi-2212 + Bi-2223 + L1$ adalah daerah yang dipilih untuk eksperimen dengan menggunakan metode self-fluks, karena pada daerah tersebut telah terjadi pelelehan sebagian (*partial melting*) dan hanya mengandung fase 2212 dan fase 2223. Pada metode ini senyawa yang dibuat

harus sampai meleleh. Lamanya Waktu leleh dalam penelitian tugas akhir ini akan divariasi.



Keterangan :



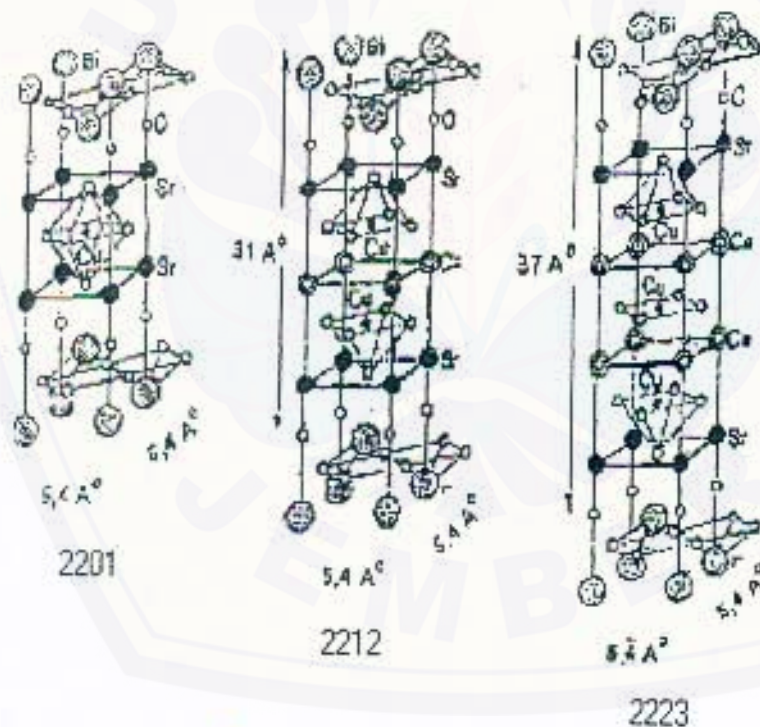
Dengan : $n = 0$ Bi-2201
 $n = 1$ Bi-2212
 $n = 2$ Bi-2223

2:1 $(\text{Sr, Ca})_2\text{CuO}_3$ e: Bi-2212 + Bi-2212 + L_1 + 2:1
 1:2 $(\text{Sr, Ca})\text{Cu}_2\text{O}_3$ f: Bi-2212 + L_1 + Bi-2212 + L_1 + 2:1
 a: 2:1 + CuO + L_1 g: 2:1 + L_2
 b: Bi-2201 + 2:1 + CuO - L_1 h: 2:1 + 1:2
 c: Bi-2223 + 2:1 + L_1 i: $(\text{Sr, Ca})_{14}\text{Cu}_{20}\text{O}_{28}$ + L_1
 d: Bi-2223 + 2:1 + CuO + L_1 j: $(\text{Sr, Ca})_2\text{CuO}_3$

Gambar 2.2 Diagram fase sistem $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_n\text{Cu}_{n+1}\text{O}_{6+2n}$. (Strobel P. Toledano, et al., 1992).

2.2 Superkonduktor Sistem BSCCO

Superkonduktor sistem BSCCO memiliki tiga fase superkonduktor yang masing-masing berkaitan dengan komposisi yang dinyatakan dengan rumus $\text{Bi}_2\text{Sr}_n\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_{n+1}\text{O}_y$ dengan $n = 1, 2, 3$. Ketiga fase tersebut adalah fase 2201 dengan $T_c = 10$ K, fase 2212 dengan $T_c = 80$ K, dan fase 2223 dengan $T_c = 110$ K, memiliki struktur kristal seperti disajikan dalam gambar 2.3. Semua superkonduktor T_c tinggi dengan dasar tembaga (Cu) memiliki struktur kristalografi yang terdiri dari blok-blok 'perovskite', (Harni, 2000). Pembawa muatan dalam superkonduktor T_c tinggi adalah lubang yang bermuatan positif. Hal ini berkaitan dengan keadaan-keadaan valensi Cu dalam lapisan CuO yang selalu hadir dan berperan sebagai lapisan konduksi dalam bahan tersebut (Tjia, 2000).



Gambar 2.3 Struktur kristal dari ketiga fase superkonduktor BSCCO (A. Burdillon, et al, 1994)

2.3 Karakteristik Superkonduktor

2.3.1 Efek Meissner

Sifat kemagnetan bahan superkonduktor diamati oleh Meissner dan Ochsenfeld pada tahun 1933, ternyata superkonduktor berkelakuan seperti bahan diamagnetik sempurna, ia menolak medan magnet sehingga ia pun dapat mengambang di atas sebuah magnet tetap (Pikatan, 1989). Hal tersebut dinamakan efek meissner yang dapat memperlihatkan fenomena levitasi superkonduktor, seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan oleh para peneliti menunjukkan bahwa superkonduktor pada medan listrik lemah akan berperilaku seperti diamagnetik sempurna, sehingga induksi magnet menunjukkan nol di bagian dalam bahan superkonduktor (Arkundato, 2000).

Efek Meissner menampilkan adanya fenomena levitasi suatu bahan magnet permanen yang diletakkan diatas bahan superkonduktor. Jika berat dari magnet permanen tersebut tidak terlalu besar maka akibat tolakan fluks medan magnet yang tidak dapat menembus bahan dan bahan magnet bisa mengatasi gaya tarik bumi maka akan mengakibatkan magnet melayang sampai pada ketinggian tertentu (hanya beberapa milimeter) diatas bahan superkonduktor. Oleh karena itu, efek Meissner dapat menjadi salah satu parameter kualitatif untuk menguji superkonduktivitas bahan.

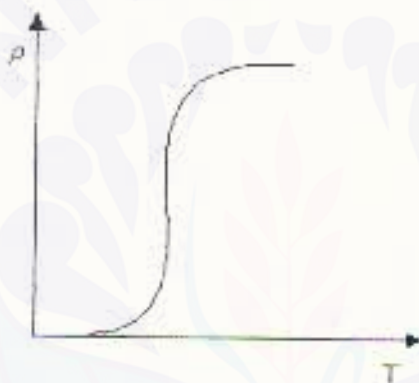


Gambar 2.4 Fenomena levitasi pada bahan superkonduktor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ (Affandy, 2000)

2.3.2 Temperatur Kritis

Parameter penting yang perlu diamati adalah temperatur kritis (T_c) dari bahan superkonduktor. Bahan superkonduktor pada suhu rendah akan memiliki hambatan listrik yang sama dengan nol ($\rho = 0$). Temperatur kritis (T_c) yaitu suhu yang dicapai pada saat hambatan listrik sama dengan nol. Diatas T_c sifat-sifat superkonduktivitas bahan belum muncul dan bahan bersifat seperti logam normal. Dibawah T_c bahan bersifat sebagai superkonduktor, sehingga hambatan listrik bahan lenyap.

Hubungan antara resistivitas dan temperatur diperlihatkan pada gambar 2.5 berikut ini :



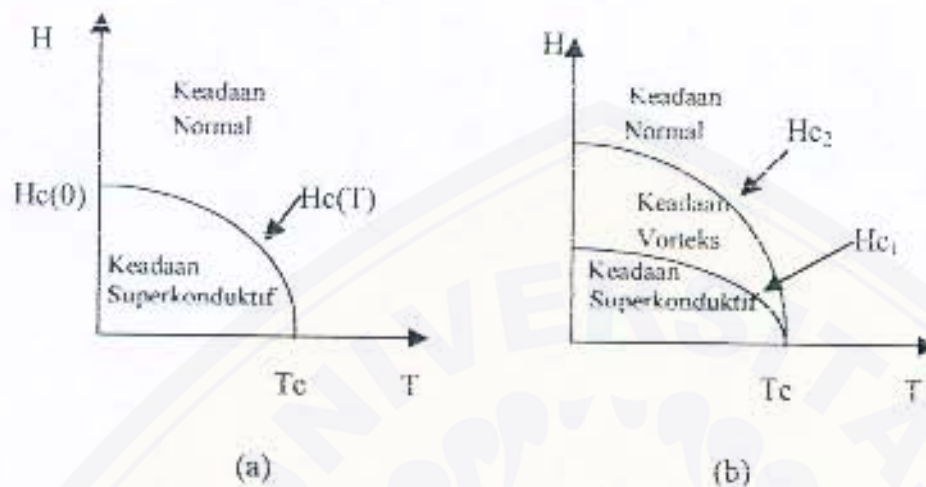
Gambar 2.5 Grafik hubungan antara ρ terhadap T .

Perubahan sifat dari keadaan normal ke keadaan superkonduktor terjadi pada suhu transisi yang disebut suhu kritis (T_c). Besaran fisis yang berkaitan dengan transisi superkonduktor adalah resistivitas bahan. Pada suhu $T > T_c$ bahan dikatakan berada dalam keadaan normal. Untuk suhu $T < T_c$ bahan berada dalam keadaan superkonduktor (Pikatan, 1989).

2.3.3 Medan kritis

Medan kritis (H_c) yaitu medan magnet luar yang diperlukan untuk menghilangkan superkonduktivitas bahan atau memulihkan resistivitas normalnya.

Kurva medan magnet (H) terhadap suhu (T) pada bahan superkonduktor secara umum seperti terlihat pada gambar 2.6.



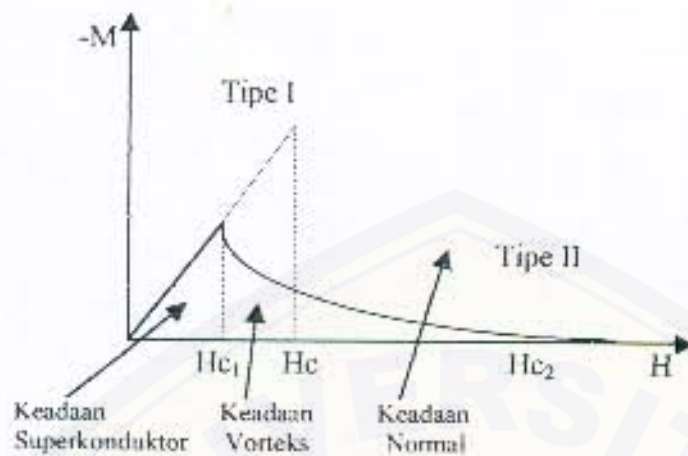
Gambar 2.6 Kurva medan magnet (H) terhadap suhu (T) pada bahan superkonduktor tipe I (a) dan tipe II (b) (Plonus, 1978).

Hubungan antara H_c dengan T_c adalah sebagai berikut :

$$H_c(T) = H_c(0) \left[1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 \right]$$

dengan $H_c(0)$ adalah medan kritis pada suhu $T = 0$ K.

Pada superkonduktor tipe II terdapat dua medan kritis, yaitu medan kritis bawah (H_{c1}) dan medan kritis atas (H_{c2}). Daerah dibawah H_{c1} fluks magnetik ditolak secara sempurna, dan pada daerah diatas H_{c1} sebagian fluks magnet dapat menembus bahan sampai pada batas medan kritis H_{c2} yang disebut sebagai keadaan vorteks. Daerah diatas H_{c2} fluks magnetik akan menembus bahan seluruhnya sehingga bahan akan kehilangan sifat superkonduktivitasnya. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.7.

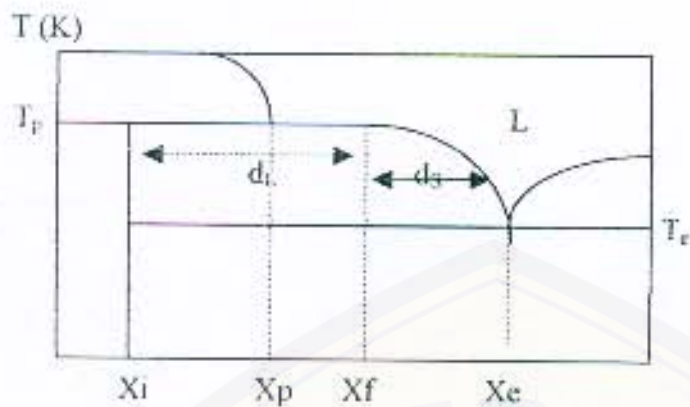


Gambar 2.7 Kurva magnetisasi (M) dan medan magnet (H) pada bahan superkonduktor tipe I dan tipe II (Smith, 1996).

2.4 Metode Pembentukan kristal

2.4.1 Metode Self-fluks

Metode self-fluks adalah metode penumbuhan kristal dengan melebihi salah satu atau beberapa unsur pembentuk dari senyawa itu sendiri sebagai fluks. Proses penumbuhan kristal terjadi pada saat pendinginan. Prinsip penumbuhan kristal ini digambarkan seperti pada gambar 2.8. Komposisi kimia off-stoikiometri dengan komposisi X_f yang terletak antara X_e dan X_p dilelehkan, kemudian didinginkan dengan lambat. Pada metode self-fluks campuran kristal yang terbentuk, diakibatkan karena pelelehan. Daerah kristalisasi primer dinyatakan dalam jangkauan variasi komposisi antara X_p dan X_e , dan jangkauan variasi suhu antara T_p dan T_e . Bahan awal dengan kemurnian tinggi diperlukan untuk menghindari nukleasi heterogen, walaupun nukleasi heterogen masih dapat terjadi pada dinding krusibel.



Gambar 2.8 Prinsip Pertumbuhan Kristal dengan Metode Self-Fluks (Marhaendrajaya, 1999).

Apabila garis cair dilalui, maka senyawa dengan komposisi X_f yang meleleh secara peritektik akan dipercepat dan mengalami kaidah tuas (lever rule) :

$$\frac{n(x_i)}{n(x_f)} = \frac{d_1}{d_2}$$

dengan :

$n(x_i)$ = Jumlah mol padatan dengan komposisi X_i

$n(x_f)$ = Jumlah mol padatan dengan komposisi X_f

d_1, d_2 = Jarak dalam diagram fase ke X_i

Pada waktu pendinginan, komposisi X_L dari cairan berubah. Ukuran kristal bergabung pada banyaknya diagram fase yang dilalui. Ukuran kristal terbatas, karena jangkauan pendinginan yang ditentukan dengan diagram fase juga terbatas.

Dalam hal ini konstanta kecepatan suhu pendinginan yang digunakan yaitu dalam orde $1^{\circ}\text{C}/\text{jam}$. Dan dengan Fluks yang digunakan pada percobaan ini yaitu unsur Bi_2O_3 .

2.4.2 Metode Fluks

Pada metode self-fluks yang digunakan sebagai fluks adalah salah satu atau beberapa unsur dari unsur-unsur pembentuk senyawa itu sendiri dengan proses sintesisnya melalui pelelehan. Sedangkan metode Fluks yang dijadikan sebagai fluks adalah berasal dari unsur yang lain, bukan unsur pembentuk senyawa yang dibuat dengan proses sintesisnya tanpa melalui pelelehan senyawa.

Fluks dalam hal ini berarti pelarut pada suhu tinggi. Dengan menggunakan metode ini diharapkan pertumbuhan kristal superkonduktor yang kita inginkan diproses pada suhu dibawah titik leleh fase zat terlarut. Reduksi pada suhu ini, secara prinsip memberikan kemungkinan untuk pertumbuhan dengan menggunakan fluks lebih besar dibandingkan dengan pada proses pelelehan murni.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dalam tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Februari 2004 sampai dengan Agustus 2004, tahap pencampuran cara basah dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia, tahap pengeringan dalam tungku dilakukan di laboratorium Geofisika Jurusan Fisika, dan tahap sintesa serta karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini , yaitu :

A. Peralatan Sintesis

1. Penggerus mortal dan pastel keramik
2. Alat pencetak stainless steel
3. Alat penekan/pengepres
4. Furnace dengan pengotrol temperatur
5. Beker gelas
6. Pengaduk
7. Hot plate
8. krusibel Alumina

B. Peralatan Karakterisasi

1. Mikroskop Optik
2. Multimeter fluke 8862A
3. Current source keithley 220
4. Thermocouple thermometer Digi-sense No. 8528-10(JTEK)
5. Sampel holder dari tembaga



3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam eksperimen yaitu :

1. Bi_2O_3 , SrCO_3 , CaCO_3 , CuO
2. HNO_3 (65,0%)
3. Aquades
4. Pasta perak untuk elektroda
5. Nitrogen cair.

Berikut ini adalah komposisi sampel yang dibuat dan parameter proses yang dipergunakan dalam penelitian :

Tabel 3.1 Komposisi serta parameter yang digunakan dalam eksperimen :

Komposisi	Kadar Fluks	Temperatur leleh	Waktu Leleh (menit)
$\text{Bi}_{2.2} \text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+6}$	0,2	875°	30
$\text{Bi}_{2.2} \text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+8}$	0,2	875°	48
$\text{Bi}_{2.2} \text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+6}$	0,2	875°	60

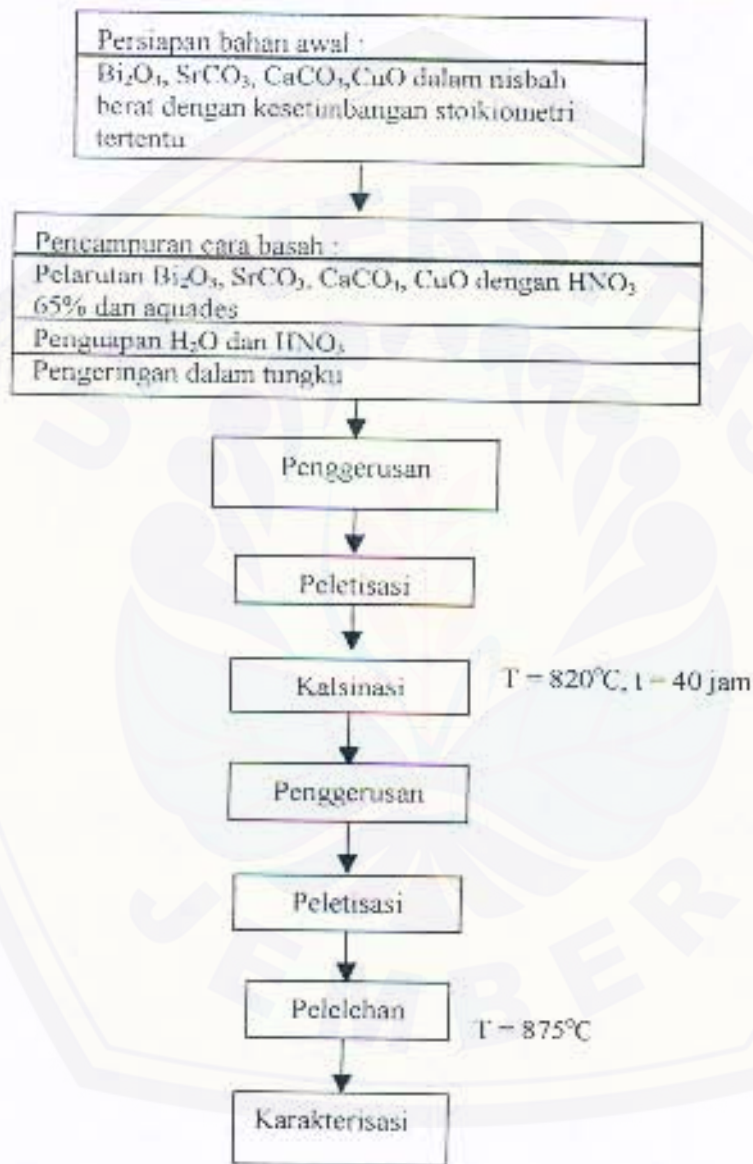
Masing-masing sampel dibuat dari bahan awal 5 gram dengan berat tiap-tiap senyawa seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.2 berikut, dan perhitungan sampel ada pada lampiran 1.

Tabel 3.2 Perhitungan komposisi bahan dasar dalam pembuatan masing-masing sampel :

Bahan Dasar	Berat Molekul (gram/mol)	Massa hitung 5 gram (gram)
Bi_2O_3	465,9589	2,06
SrCO_3	147,6292	1,18
CaCO_3	100,0872	0,80
CuO	79,5454	0,96
Massa total komposisi bahan		5 gram

3.3 Sintesa Bahan

Proses sintesa bahan superkonduktor Bi-2223 dilakukan dengan metode reaksi padatan dengan didahului pencampuran cara basah yang bertujuan untuk menjamin homogenitas bahan. Diagram sintesis bahan dinyatakan dengan gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir sintesis sampel superkonduktor

Pencampuran Cara Basah

Semua bahan dasar yaitu Bi_2O_3 , SrCO_3 , CaCO_3 , dan CuO dicampur dalam beker gelas kemudian dilarutkan dengan asam nitrat HNO_3 (65%) dan aquades. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan diatas hot plate sambil terus diaduk perlahan sampai semua bahan larut dengan sempurna hingga terbentuk larutan yang berwarna biru jernih. Setelah itu larutan terus dipanaskan sampai terbentuk endapan padat berwarna kehitaman.

Pengeringan

Untuk menghilangkan air dan asam nitrat yang masih tersisa dalam bahan dilakukan proses pengeringan dalam oven dengan suhu 250°C selama 24 jam dengan menempatkan bahan di dalam krusibel Alumina.

Penggerusan

Setelah bahan kering, dilakukan penggerusan hingga bahan halus menggunakan mortal dan pastel keramik. Penggerusan ini selain bertujuan untuk meningkatkan homogenitas campuran, juga untuk meningkatkan efektivitas reaksi pada saat proses kalsinasi dan sintering. Semakin halus butir serbuk, maka semakin luas permukaan butir sehingga reaksi dapat berlangsung optimal. Penggerusan ini dilakukan sebelum dan sesudah proses kalsinasi dilakukan.

Peletisasi

Peletisasi dilakukan dengan cara penekanan menggunakan alat penekan dan pencetak dengan diameter $\pm 2,3$ cm. Sedangkan ketebalan sampel diatur berdasarkan banyaknya serbuk yang dimasukkan kedalam cetakan. Peletisasi ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas reaksi pada saat dilakukan proses pemanasan, sebab dengan butir serbuk yang halus maka reaksi padatan akan mudah berlangsung jika jarak antar

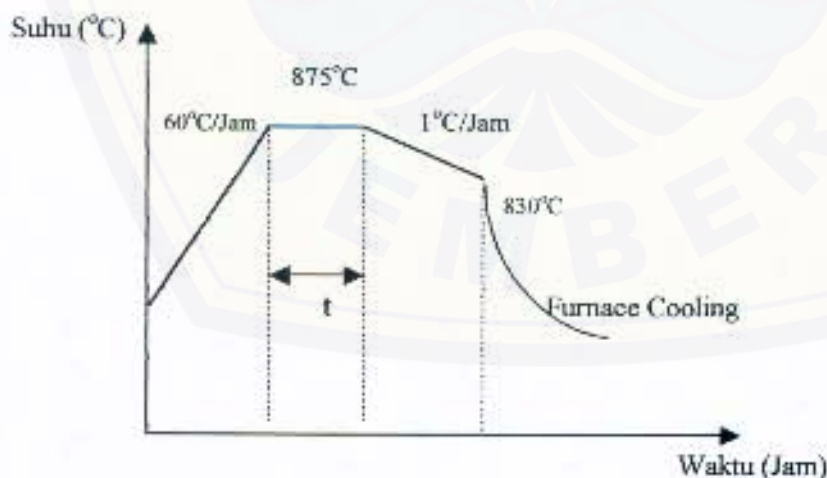
serbuk sedekat mungkin. Proses pemeletan ini juga dilakukan setelah proses kalsinasi selesai dilakukan.

Kalsinasi

Kalsinasi dilakukan untuk membentuk senyawa prekursor fase 2212 dan impuritas lain guna memperoleh senyawa superkonduktor BSCCO fase 2223. Kalsinasi ini dilakukan pada suhu 820°C selama 40 jam. Selama proses ini berlangsung terjadi pelepasan senyawa karbon berbentuk CO_2 sehingga diperoleh senyawa yang lebih stabil.

Pelelehan

Proses pelelehan ini dilakukan dengan cara memanaskan sampel pada suhu 875°C selama waktu (t) yang divariasikan yaitu 30 menit, 48 menit, dan 60 menit. Kemudian menurunkan suhu menjadi 830°C dengan laju penurunan suhu $1^{\circ}\text{C}/\text{jam}$. Pelelehan ini bertujuan agar fluks beserta bahan-bahan yang lain bisa mengalami pelelehan dengan sempurna sehingga terbentuk kristal superkonduktor Bi-2223 yang baik.



Gambar 3.2 Diagram Pelelehan

3.4 Karakterisasi Bahan

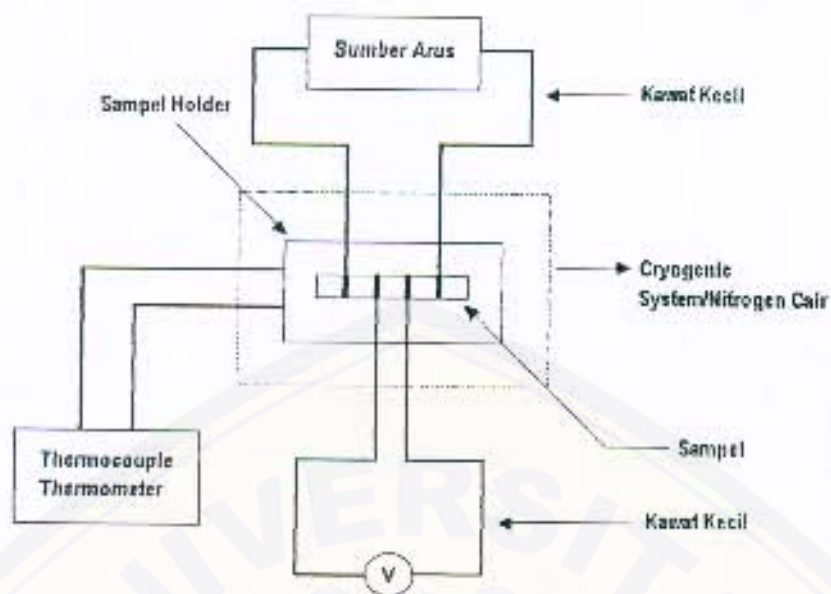
Sampel bahan Superkonduktor yang telah selesai dibuat, dikarakterisasi menggunakan foto Mikroskop optik dan pengukuran suhu kritis.

3.4.1 Mikroskop Optik

Agar dapat mempelajari kaitan antara struktur dan sifat bahan, dan juga agar dapat mengetahui sifat-sifat bahan bila strukturnya telah diketahui, maka perlu diamati keadaan mikroskopik bahan dalam orde mikrometer. Pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik memiliki perbesaran yang terbatas, karena alat ini menggunakan sumber cahaya dan sekumpulan lensa optik.

3.4.2 Temperatur Kritis (T_c)

Pengukuran temperatur kritis ini memberikan indikasi kualitas sampel yang diperoleh. Untuk mengukur nilai dari suhu kritis ini akan digunakan pengukuran '*four points probe*', yaitu metode empat elektroda. Dinamakan demikian karena ada empat titik kontak yang disentuhkan pada permukaan sampel. Keempat titik kontak tersebut dibuat berderet dalam satu garis lurus dengan jarak antar *probe* diatur sedemikian sehingga antara *probe* yang satu dengan *probe* yang lain berjarak sama. Elektroda-elektroda yang merupakan *probe* disambungkan ke sampel menggunakan kawat kecil tembaga dengan pasta perak. Arus listrik dialirkan secara konstan sepanjang permukaan sampel melalui dua *probe* terluar. Jadi dua *probe* terluar dihubungkan dengan sumber arus DC. Sedangkan dua *probe* paling dalam dihubungkan dengan alat pendeteksi tegangan atau voltmeter (Anonim, 2003). Skema pengukuran temperatur kritis dengan menggunakan metode empat elektroda, yang ditampilkan dalam gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema metode "Four Point Probe".

Untuk menentukan nilai temperatur kritis (T_c) bahan maka harus didapatkan data berupa arus (I) yang nilainya dapat langsung ditentukan yaitu 25 mA, tegangan (V) dan temperatur bahan dalam derajat Celcius ($T(C)$) yang kemudian diubah dalam derajat Kelvin ($T(K)$). Temperatur bahan ini langsung dapat diketahui dari *thermocouple thermometer* yang dipasang didekat bahan. Data yang didapatkan tersebut seperti pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Data parameter dari bahan yang akan dicari.

No	T (C)	T(K)	V (mVolt)

Untuk menghitung resistivitas bahan maka perlu diketahui ukuran panjang bahan (l), tebal bahan (t), dan jarak antar probe (d) bahan, sehingga resistivitas bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\rho = \left(\frac{td}{d} \right) \frac{V}{I}$$

dimana :

ρ = Resistivitas bahan ($\Omega \cdot \text{cm}$)

t = Tebal bahan (cm)

l = Lebar bahan (cm)

d = Jarak antar probe (cm)

V = Tegangan bahan (mV)

I = Arus yang mengalir pada bahan (mA)

3.5 Analisis Data Hasil Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh waktu leleh terhadap morfologi permukaan bahan hasil sintesis dilakukan dengan menganalisis gambar foto mikrograph hasil foto mikroskop optik. Sementara itu untuk mengetahui pengaruh waktu leleh terhadap temperatur kritis dilakukan dengan menganalisis grafik hubungan antara temperatur kritis dan waktu leleh.

Analisis morfologi permukaan bahan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik jenis *WV-GP230/G* dengan perbesaran 40 kali. Berdasarkan pengamatan foto morfologi permukaan bahan nantinya akan diketahui bagaimana besar kecilnya ukuran butiran (*grain*) dari bahan, selain itu akan diketahui bagaimana persebaran butirannya.

Nilai temperatur kritis bahan dapat diketahui dengan membuat grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur, dimana resistivitas sebagai absis (sumbu y) dan temperatur sebagai ordinat (sumbu x). Berdasarkan grafik tersebut maka dapat diketahui ada empat titik yang dapat digunakan untuk menentukan temperatur kritis bahan (T_c) yaitu T_{c-zero} , T_{c-init} , T_{c-step} , dan $T_{c-on set}$.

dengan :

- T_{c-zero} adalah temperatur dimana bahan superkonduktor mulai memiliki resistivitas yang bernilai nol.
- $T_{c-on set}$ adalah temperatur dimana bahan superkonduktor mulai bertransisi menjadi bersifat normal.
- T_{c-step} adalah temperatur dimana harga resistivitas bahan mulai tidak sama dengan nol ($\rho \neq 0$).
- T_{c-mid} adalah temperatur dimana harga resistivitas berada ditengah-tengah antara T_{c-zero} dan $T_{c-on set}$.

Untuk mengetahui bahwa diatas $T_{c-on set}$ bahan superkonduktor bersifat normal seperti bahan konduktor, maka perlu dibuat grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur dengan nilai resistivitas di atas $T_{c-on set}$. Bahan tersebut akan bersifat konduktor apabila grafik tersebut memiliki resistivitas yang linier terhadap temperatur, hal ini dapat diketahui berdasarkan nilai koefisien korelasinya (R^2). Dan untuk mengetahui seberapa besar kemiringan garis data tersebut maka perlu diketahui bagaimana persamaan garis kemiringan dari data itu.

Untuk mengetahui hubungan antara waktu leleh (t_m) terhadap lebar temperatur transisi (ΔT_c) yang merupakan pengurangan antara $T_{c-on set}$ dengan T_{c-zero} maka perlu dibuat grafik antara waktu leleh (t_m) sebagai sumbu x dan lebar temperatur transisi (ΔT_c) sebagai sumbu y.

Selain itu untuk mengetahui hubungan antara temperatur kritis (T_c) terhadap lebar temperatur transisi (ΔT_c) maka perlu dibuat grafik antara temperatur kritis (T_c) sebagai sumbu y dan lebar temperatur transisi (ΔT_c) sebagai sumbu x.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

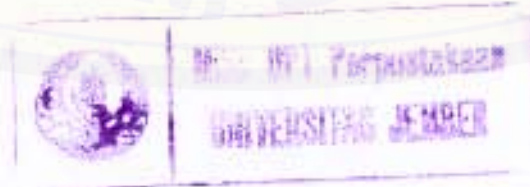
5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan sintesis bahan keramik Bi-2223 superkonduktor menggunakan metode self-fluks dengan fluks Bi_2O_3 . Sintesis dibuat dengan variasi waktu leleh selama 30 menit, 48 menit, dan 60 menit. Berdasarkan analisis hasil penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Didapatkan bahan keramik Bi-2223 superkonduktor yang berbentuk silinder tipis dengan diameter $\pm 2,3$ cm yang berwarna hitam pekat, dan dengan ketebalan $\pm 0,3$ cm.
2. Temperatur kritis ($T_{c-90\%}$) optimum didapatkan sebesar 102,5 K pada bahan dengan waktu leleh (t_m) = 30 menit.
3. Struktur permukaan bahan yang halus dan memiliki penyebaran butiran yang merata didapat pada bahan dengan t_m = 30 menit.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui nilai rapat arus kritis pada bahan keramik Bi-2223 superkonduktor hasil sintesis dengan metode self-fluks.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Burdillon & N.X. Tan Bourdillon. 1994. *High Temperature Superconductors Processing and Scienc.*, Academic Press. Inc. New York.
- Affandy. 2002. *Superkonduktor*. D3TE25-02 online.
- Anonim. 2003. *Kelompok bahan superkonduktor*. Puslithbang IPTIK Bahan-Badan tenaga Nuklir Indonesia. Tangerang. Banten.
- Arkundato, A. 2000. *Sintesis Superkonduktor Keramik NdBCO Dengan Metode Fase Padat*. Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Barmawi, dkk. 1993. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Perguruan Tinggi Pada Tanggal 5 - 9 Februari di Hotel USSU, Cisarua - Bogor* Depdikbud Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengembangan Pada Masyarakat
- Chauhan, H.S. T. Mochida, et al. 1998. *Advances in Superconductivity-X*. ads. 1., Osamura and I. Hirabayshi, Springer-Verlag. Tokyo, P.725.
- Darminto, A. dkk. 1999. *Variasi tekanan oksigen dalam penumbuhan kristal tunggal superkonduktor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8-\delta}$ dan pengaruhnya*. Proc ITB. Vol 31, No 3.
- Kishida, S, Yumoto, T, et al. 1995. *Effects of Temperatures and Periods for Melting on Growth of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ Single Crystals*, Journal of crystal Growth 153 (1995) 146-150
- Kitazawa. 1989. *Advances in Superconductivity*. Springer-Verlag. Tokyo
- Kittel, C. 1976. *Introduction to Solid State Physics*. John Wiley and sons. New York
- Marhaendrajaya, I. 1999. *Eksperimen Pembentukan kristal BPSCCO-2223 dengan metode Self-flux dan metoda lelehan*. Tesis Magister. Fakultas pasca sarjana. ITB. Bandung.
- Pikatan, S. 1989. *Mengenal Superkonduktor*. Kristal no.3/Juli/1989.
- Plonus, M.A. 1978. *Applied to Solid State Physics*. John Wiley and sons. New York

- Shaoyan chu and Micheal E. Mc Henry. 1997. *Growth and characterization of (Bi,Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_x Single Crystal*. Departement of material Science and engineering, Carnegie Mellon University. Pittsburgh. Pennsylvania.
- Smith E, W. 1996. *Principles of material science and engineering*. Mc Graw-Hill, inc. New York.
- Strobel, P. Toledono. Morin,JC. 1992 et al. *Phase Diagram of the System Bi_{1-x}Pb_xSr₂CuO₆-CaCu₂ Between 825°C and 1100°C*. Physica C, 201. 27-42
- Suharta, W G. 1997. *Pengaruh kadar fluks B2O3 dan beberapa parameter pemrosesan pada pembentukan superkonduktor BPSCCO-2223*. Tesis S2. Fakultas Pasca Sarjana. ITB. Bandung
- Harmi, Tj. P. 2000. *Studi tentang mikrostruktur dan struktur kristal pada pembentukan Superkonduktor (Bi-Pb)-2223 melalui prekursor (Bi-Pb)-2212*. Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Tjia M.O. 2000. *Diktat kuliah Superkonduktor Program Magister*. ITB. Bandung.
- Yulianti, N. 2002. *Sintesis Kristal Superkonduktor Bi-2212 dengan menggunakan Metode Self-Fluks*. Tesis S2. Fakultas Pasca Sarjana. ITB. 2002
- Zhao, Y, H. Zhang. et al. 1997, *Growth and annealing affect on resisitivity anisotropy of Bi₂Sr₂CaCu₂O₈ Single Crystals*. Department of materials Science and Engineering, Carnegie Mellon University. Pittsburgh. Pemsylvania.

DAFTAR ISTILAH

- Eutektik : Titik leleh terendah; Perubahan dari dua fase menjadi satu fase.
- Furnace Cooling : Pendinginan bahan superkonduktor ke temperatur ruang yang dilakukan didalam tungku setelah proses pemanasan terjadi.
- Kongruen : Senyawa yang kristalnya dapat langsung ditumbuhkan dari lelehannya yang tidak mengalami perubahan komposisi kimia dalam proses transisi dari fase padat ke fase cair.
- Levitasi : Peristiwa penolakan medan magnet oleh bahan superkonduktor; peristiwa pengangkatan sepotong magnet kecil yang diletakkan diatas bahan superkonduktor dalam keadaan temperatur rendah.
- Nukleasi : Awal pembentukan kristal.
- Prekursor : Benih; Senyawa yang mendahului senyawa lain dalam jalur metabolisme.
- Reaksi Peritektik : Titik leleh tertinggi; Perubahan dari satu fase menjadi dua fase.



LAMPIRAN -LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

Penghitungan sampel Bi-2223 dengan kadar fluks 0.2

Rumus : $\text{Bi}_{2,2}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-\delta}$

Berat Molekul (BM) masing-masing senyawa :

$$\text{BM} (\text{Bi}_2\text{O}_3) = 465,9589 \text{ gram/mol}$$

$$\text{BM} (\text{SrCO}_3) = 147,6292 \text{ gram/mol}$$

$$\text{BM} (\text{CaCO}_3) = 100,0872 \text{ gram/mol}$$

$$\text{BM} (\text{CuO}) = 79,5454 \text{ gram/mol}$$

Berat Molekul Total sampel :

$$\text{Bi} = \text{BM} (\text{Bi}_2\text{O}_3) \times 0,5 \times 2,2 = 512,55479$$

$$\text{Sr} = \text{BM} (\text{SrCO}_3) \times 1 \times 2 = 295,2584$$

$$\text{Ca} = \text{BM} (\text{CaCO}_3) \times 1 \times 2 = 200,1744$$

$$\text{Cu} = \text{BM} (\text{CuO}) \times 1 \times 3 = 238,6362$$

$$\text{Jumlah Berat Molekul total} = 1246,62379 \text{ gram/mol}$$

Mol total apabila setiap sampel beratnya dibuat 5 gram :

$$\text{Mol total} = \frac{5}{1246,62379} = 0,004010833$$

Jadi bahan yang diperlukan untuk membuat sampel masing-masing 5 gram adalah :

$$\text{Bi} = (\text{Mol total} \times \text{Berat Molekul Total})$$

$$= (0,004010833) \times (512,55479)$$

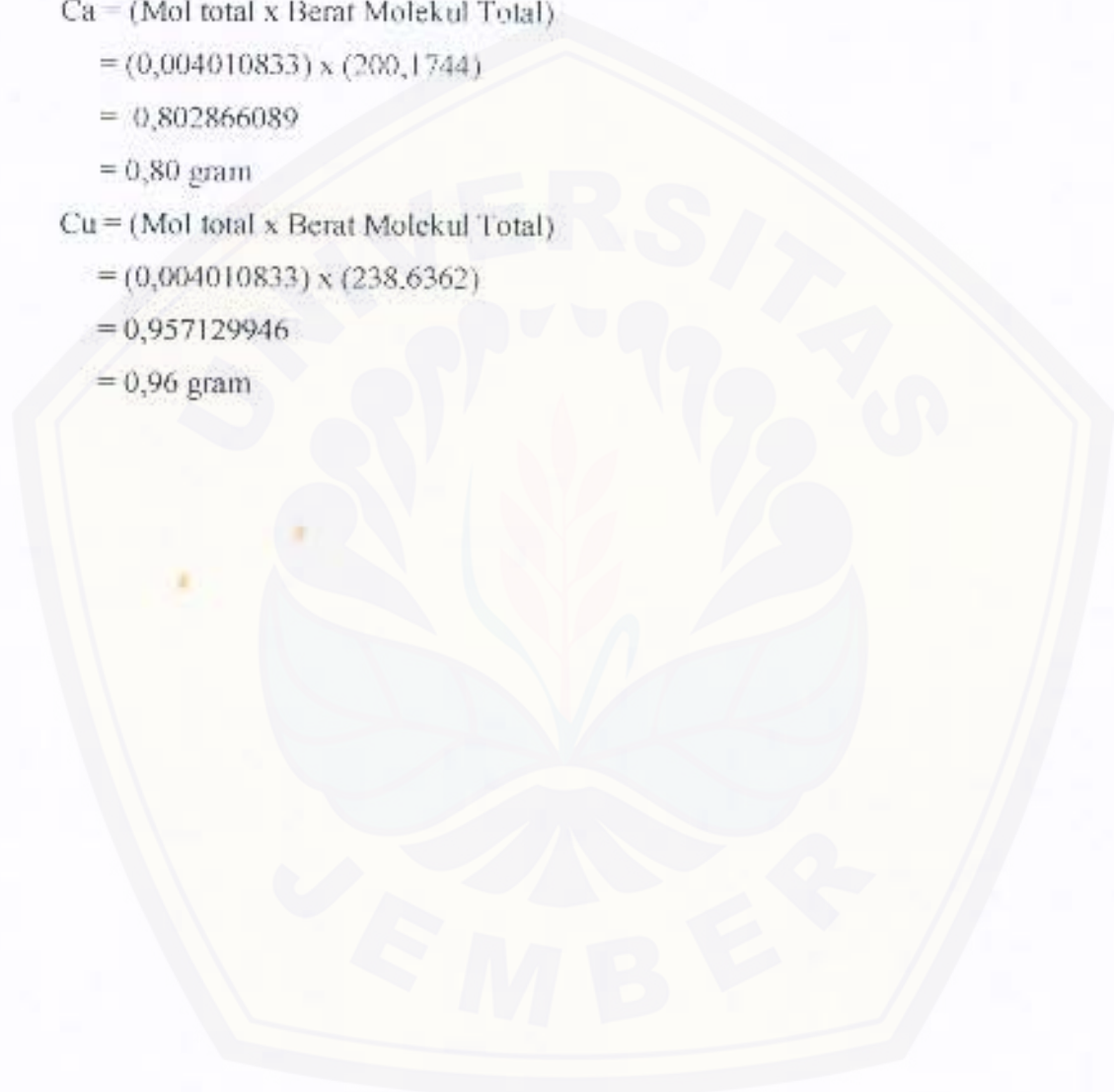
$$= 2,055744031$$

$$= 2,06 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Sr} &= (\text{Mol total} \times \text{Berat Molekul Total}) \\ &= (0,004010833) \times (295,2584) \\ &= 1,184232134 \\ &= 1,18 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= (\text{Mol total} \times \text{Berat Molekul Total}) \\ &= (0,004010833) \times (200,1744) \\ &= 0,802866089 \\ &= 0,80 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cu} &= (\text{Mol total} \times \text{Berat Molekul Total}) \\ &= (0,004010833) \times (238,6362) \\ &= 0,957129946 \\ &= 0,96 \text{ gram} \end{aligned}$$



LAMPIRAN 2

A. Hasil pengukuran resistivitas sebagai fungsi temperatur pada sampel dengan waktu leleh $t_m = 30$ menit

T (C)	T (K)	V (mVolt)	Resistivitas (ohm.cm)
-189	84	0,0000	0,00000
-188	85	0,0000	0,00000
-187	86	0,0000	0,00000
-186	87	0,0000	0,00000
-185	88	0,0000	0,00000
-184	89	0,0000	0,00000
-181	90	0,0000	0,00000
-182	91	0,0000	0,00000
-181	92	0,0000	0,00000
-180	93	0,0000	0,00000
-179	94	0,0000	0,00000
-178	95	0,0000	0,00000
-177	96	0,0000	0,00000
-176	97	0,0000	0,00000
-175	98	0,0000	0,00000
-174	99	0,0000	0,00000
-173	100	0,0000	0,00000
-172	101	0,0000	0,00000
-171	102	0,0000	0,00000
-170,5	102,5	0,0000	0,00000
-170	103	0,0057	0,00014
-169,5	103,5	0,0208	0,00050
-169	104	0,0472	0,00114
-168,5	104,5	0,0597	0,00145
-168	105	0,0784	0,00190
-167,5	105,5	0,1083	0,00262
-167	106	0,1293	0,00313
-166,5	106,5	0,1481	0,00359
-166	107	0,1508	0,00365
-165,5	107,5	0,1519	0,00368
-165	108	0,1515	0,00367
-164,5	108,5	0,1529	0,00371
-164	109	0,1530	0,00371
-163,5	109,5	0,1535	0,00372
-163	110	0,1541	0,00373
-162,5	110,5	0,1555	0,00377
-162	111	0,1542	0,00374

$$\rho = \left(\frac{l}{d}\right) \left(\frac{V}{I}\right)$$

$l = 0,577$ cm

$t = 0,210$ cm

$d = 0,200$ cm

$I = 25$ mA

$T_{c-zero} = 102,5$ K

$T_{c-mid} = 104,5$ K

$T_{c-on set} = 106,5$ K

-161,5	111,5	0,1554	0,00377
-161	112	0,1570	0,00380
-160,5	112,5	0,1564	0,00379
-160	113	0,1561	0,00378
-159,5	113,5	0,1576	0,00382
-159	114	0,1572	0,00381
-158,5	114,5	0,1580	0,00383
-158	115	0,1586	0,00384
-157,5	115,5	0,1595	0,00387
-157	116	0,1607	0,00389
-156,5	116,5	0,1597	0,00387
-156	117	0,1611	0,00390
-155,5	117,5	0,1622	0,00393
-155	118	0,1612	0,00391
-154,5	118,5	0,1626	0,00394
-154	119	0,1630	0,00395
-153,5	119,5	0,1635	0,00396
-153	120	0,1639	0,00397
-152,5	120,5	0,1643	0,00398
-152	121	0,1647	0,00399
-151,5	121,5	0,1653	0,00401
-151	122	0,1649	0,00400
-150,5	122,5	0,1660	0,00402
-150	123	0,1658	0,00402
-149,5	123,5	0,1664	0,00403
-149	124	0,1669	0,00404
-148,5	124,5	0,1665	0,00403
-148	125	0,1670	0,00405
-147,5	125,5	0,1677	0,00406
-147	126	0,1681	0,00407
-146,5	126,5	0,1693	0,00410
-146	127	0,1689	0,00409
-145,5	127,5	0,1693	0,00410
-145	128	0,1698	0,00411
-144,5	128,5	0,1702	0,00412
-144	129	0,1711	0,00415
-143,5	129,5	0,1705	0,00413
-143	130	0,1712	0,00415
-142,5	130,5	0,1718	0,00416
-142	131	0,1724	0,00418
-141,5	131,5	0,1729	0,00419
-141	132	0,1736	0,00421
-140,5	132,5	0,1740	0,00422
-140	133	0,1752	0,00425

-139,5	131,5	0,1746	0,00423
-139	134	0,1751	0,00424
-138,5	134,5	0,1759	0,00426
-138	135	0,1764	0,00427
-137,5	135,5	0,1773	0,00430
-137	136	0,1787	0,00433
-136,5	136,5	0,1782	0,00432
-136	137	0,1789	0,00434
-135,5	137,5	0,1794	0,00435
-135	138	0,1798	0,00436
-134,5	138,5	0,1807	0,00438
-134	139	0,1815	0,00440
-133,5	139,5	0,1820	0,00441
-133	140	0,1828	0,00443
-132,5	140,5	0,1837	0,00445
-132	141	0,1844	0,00447

B. Hasil pengukuran resistivitas sebagai fungsi temperatur pada sampel dengan waktu leleh $t_m = 48$ menit.

T (C)	T (K)	V (mV)	Resistivitas (ohm.cm)
-189	84	0,0000	0,00000
-188	85	0,0000	0,00000
-187	86	0,0000	0,00000
-186	87	0,0000	0,00000
-185	88	0,0000	0,00000
-184	89	0,0000	0,00000
-183	90	0,0000	0,00000
-182	91	0,0000	0,00000
-181	92	0,0000	0,00000
-180	93	0,0000	0,00000
-179	94	0,0000	0,00000
-178	95	0,0000	0,00000
-177	96	0,0000	0,00000
-176	97	0,0000	0,00000
-175	98	0,0000	0,00000
-174	99	0,0000	0,00000
-173	100	0,0000	0,00000
-172,5	100,5	0,0000	0,00000
-172	101	0,0000	0,00000
-171,5	101,5	0,0031	0,00010
-171	102	0,0128	0,00040

$$\rho = \left(\frac{lt}{d} \right) \left(\frac{V}{I} \right)$$

$$l = 0,660 \text{ cm}$$

$$t = 0,235 \text{ cm}$$

$$d = 0,200 \text{ cm}$$

$$I = 25 \text{ mA}$$

$$T_{c\text{-zero}} = 101 \text{ K}$$

$$T_{c\text{-mid}} = 103 \text{ K}$$

$$T_{c\text{-on set}} = 105 \text{ K}$$

-170,5	102,5	0,0298	0,00092
-170	103	0,0587	0,00182
-169,5	103,5	0,0891	0,00276
-169	104	0,1057	0,00328
-168,5	104,5	0,1292	0,00401
-168	105	0,1426	0,00442
-167,5	105,5	0,1449	0,00449
-167	106	0,1454	0,00451
-166,5	106,5	0,1462	0,00454
-166	107	0,1458	0,00452
-165,5	107,5	0,1463	0,00454
-165	108	0,1469	0,00456
-164,5	108,5	0,1475	0,00458
-164	109	0,1482	0,00460
-163,5	109,5	0,1487	0,00461
-163	110	0,1494	0,00463
-162,5	110,5	0,1499	0,00465
-162	111	0,1503	0,00466
-161,5	111,5	0,1511	0,00469
-161	112	0,1519	0,00471
-160,5	112,5	0,1520	0,00472
-160	113	0,1530	0,00475
-159,5	113,5	0,1537	0,00477
-159	114	0,1549	0,00480
-158,5	114,5	0,1546	0,00480
-158	115	0,1551	0,00481
-157,5	115,5	0,1558	0,00483
-157	116	0,1560	0,00484
-156,5	116,5	0,1564	0,00485
-156	117	0,1570	0,00487
-155,5	117,5	0,1583	0,00491
-155	118	0,1578	0,00489
-154,5	118,5	0,1586	0,00492
-154	119	0,1594	0,00494
-153,5	119,5	0,1602	0,00497
-153	120	0,1614	0,00501
-152,5	120,5	0,1620	0,00503
-152	121	0,1630	0,00506
-151,5	121,5	0,1646	0,00511
-151	122	0,1639	0,00508
-150,5	122,5	0,1647	0,00511
-150	123	0,1655	0,00513
-149,5	123,5	0,1663	0,00516
-149	124	0,1670	0,00518

-148,5	124,5	0,1674	0,00519
-148	125	0,1681	0,00521
-147,5	125,5	0,1694	0,00525
-147	126	0,1689	0,00524
-146,5	126,5	0,1697	0,00526
-146	127	0,1703	0,00528
-145,5	127,5	0,1711	0,00531
-145	128	0,1718	0,00533
-144,5	128,5	0,1724	0,00535
-144	129	0,1730	0,00537
-143,5	129,5	0,1742	0,00540
-143	130	0,1738	0,00539
-142,5	130,5	0,1744	0,00541
-142	131	0,1757	0,00545
-141,5	131,5	0,1763	0,00547
-141	132	0,1771	0,00549
-140,5	132,5	0,1778	0,00552
-140	133	0,1786	0,00554
-139,5	133,5	0,1794	0,00556
-139	134	0,1805	0,00560
-138,5	134,5	0,1813	0,00562
-138	135	0,1827	0,00567
-137,5	135,5	0,1845	0,00572
-137	136	0,1838	0,00570
-136,5	136,5	0,1846	0,00573
-136	137	0,1855	0,00575
-135,5	137,5	0,1863	0,00578
-135	138	0,1874	0,00581
-134,5	138,5	0,1879	0,00583
-134	139	0,1881	0,00583

C. Hasil pengukuran resistivitas sebagai fungsi temperatur pada sampel dengan waktu leleh $t_m = 60$ menit.

T (C)	T (K)	V (mVolt)	Resistivitas (ohm cm)
-189	84	0,0039	0,00011
-188	85	0,0027	0,00008
-187	86	0,0019	0,00006
-186	87	0,0022	0,00006
-185	88	0,0017	0,00005
-184	89	0,0012	0,00004
-183	90	0,0009	0,00003
-182	91	0,0004	0,00001

$$\rho = \left(\frac{l}{d}\right)\left(\frac{V}{I}\right)$$

$$l = 0,640 \text{ cm}$$

$$t = 0,230 \text{ cm}$$

$$d = 0,200 \text{ cm}$$

$$I = 25 \text{ mA}$$

-181	92	0,0000	0,00000
-180	93	0,0000	0,00000
-179	94	0,0000	0,00000
-178	95	0,0000	0,00000
-177	96	0,0000	0,00000
-176	97	0,0000	0,00000
-175	98	0,0000	0,00000
-174,5	98,5	0,0000	0,00000
-174	99	0,0019	0,00006
-173,5	99,5	0,0057	0,00017
-173	100	0,0181	0,00053
-172,5	100,5	0,0356	0,00105
-172	101	0,0567	0,00167
-171,5	101,5	0,0862	0,00254
-171	102	0,1097	0,00323
-170,5	102,5	0,1389	0,00409
-170	103	0,1525	0,00449
-169,5	103,5	0,1777	0,00523
-169	104	0,1924	0,00566
-168,5	104,5	0,2078	0,00612
-168	105	0,2104	0,00619
-167,5	105,5	0,2118	0,00624
-167	106	0,2123	0,00625
-166,5	106,5	0,2136	0,00629
-166	107	0,2147	0,00632
-165,5	107,5	0,2151	0,00633
-165	108	0,2142	0,00631
-164,5	108,5	0,2151	0,00633
-164	109	0,2163	0,00637
-163,5	109,5	0,2176	0,00641
-163	110	0,2189	0,00644
-162,5	110,5	0,2192	0,00645
-162	111	0,2205	0,00649
-161,5	111,5	0,2213	0,00652
-161	112	0,2238	0,00659
-160,5	112,5	0,2256	0,00664
-160	113	0,2247	0,00662
-159,5	113,5	0,2273	0,00669
-159	114	0,2269	0,00668
-158,5	114,5	0,2281	0,00672
-158	115	0,2298	0,00677
-157,5	115,5	0,2294	0,00675
-157	116	0,2305	0,00679
-156,5	116,5	0,2316	0,00682

Tc-zero = 98.5 K

Tc-mid = 101.5 K

Tc-on set = 104.5 K

-156	117	0,2329	0,00686
-155,5	117,5	0,2333	0,00687
-155	118	0,2342	0,00689
-154,5	118,5	0,2356	0,00694
-154	119	0,2372	0,00698
-153,5	119,5	0,2363	0,00696
-153	120	0,2378	0,00700
-152,5	120,5	0,2390	0,00704
-152	121	0,2406	0,00708
-151,5	121,5	0,2421	0,00713
-151	122	0,2432	0,00716
-150,5	122,5	0,2446	0,00720
-150	123	0,2461	0,00725
-149,5	123,5	0,2453	0,00722
-149	124	0,2466	0,00726
-148,5	124,5	0,2481	0,00730
-148	125	0,2478	0,00730
-147,5	125,5	0,2485	0,00732
-147	126	0,2498	0,00735
-146,5	126,5	0,2517	0,00741
-146	127	0,2543	0,00749
-145,5	127,5	0,2538	0,00747
-145	128	0,2557	0,00753
-144,5	128,5	0,2579	0,00759
-144	129	0,2565	0,00755
-143,5	129,5	0,2586	0,00761
-143	130	0,2597	0,00765
-142,5	130,5	0,2608	0,00768
-142	131	0,2632	0,00775
-141,5	131,5	0,2621	0,00772
-141	132	0,2634	0,00775
-140,5	132,5	0,2646	0,00779
-140	133	0,2667	0,00785
-139,5	133,5	0,2671	0,00786
-139	134	0,2697	0,00794
-138,5	134,5	0,2708	0,00797
-138	135	0,2727	0,00803
-137,5	135,5	0,2719	0,00800
-137	136	0,2738	0,00806
-136,5	136,5	0,2747	0,00809
-136	137	0,2760	0,00813
-135,5	137,5	0,2772	0,00816



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Kami selaku Dosen Pembimbing Utama/Anggota yang mengawasi penelitian/percobaan mahasiswa sebagai tersebut di bawah ini :

Nama : Badriyatul Faizah
NIM : 001810201088
Jurusan/PS : Fisika/MIPA
Semester : IX (Sembilan)

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan penelitian/percobaan, tentang :

Pengaruh Waktu Leleh Terhadap Morfologi Permukaan Dan Temperatur Kritis Bahan Keramik Bi-2223 Superkonduktor Hasil Sintesis Dengan Metode Self-Fluks

Bertempat :

Di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika dan Laboratorium Kimia Fisik Jurusan kimia Universitas Jember

Dimulai bulan Februari 2004 s/d Agustus 2004

Surat keterangan ini dibuat sebagai persyaratan pengajuan permohonan ujian Tugas Akhir/Skripsi.

Demikian untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dosen Pembimbing Utama

(Dra. Nanik Yulianti M.Si)
NIP. 132 162 508

Jember, 14 Oktober 2004
Dosen Pembimbing Anggota

(Drs. Sujito, Ph. D)
NIP. 131 756 172



Departemen Pendidikan Nasional RI
Universitas Jember
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SURAT KETERANGAN SELESAI PERBAIKAN SKRIPSI

Kami selaku Tim Penguji Ujian Tugas Akhir/Skripsi dari mahasiswa sebagai tersebut di bawah ini :

Nama : Badriyatul Faizah
NIM : 001810201088
Jurusan/PS : Fisika
Semester : IX (Sembilan)
Judul Skripsi : *Pengaruh Waktu Lelah Terhadap Morfologi Permukaan Dan Temperatur Kritis Bahan Keramik Bi-2223 Superkonduktor Hasil Sintesis Dengan Metode Self-Fluks*

Menerangkan dengan sebcnarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan perbaikan Tugas Akhir/Skripsi sebelum berakhirnya batas waktu yang telah ditetapkan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 29 November 2004

Mengetahui,
Tim Penguji Skripsi

Ketua,
Dosen Pembimbing Utama (DPU)
3 Des 2004

Dra. Nanik Yulianti, S. Si, M. Si
NIP. 132 162 508

Sekretaris
Dosen Pembimbing Akademik (DPA)

Drs. Sujito, P. hD
NIP. 131 756 172

25 Nov 2004 Anggota I

Agung T. Nugroho, S. Si, M. Phill
NIP. 132 085 972

Anggota II
17/12-04

Sutisna, S. Pd. M. Si
NIP. 132 257 929

