

**PENGARUH KONSENTRASI DOPAN Pb PADA Bi
TERHADAP TEMPERATUR KRITIS, T_c ,
BAHAN KRISTAL Bi/Pb - 2223**

SKRIPSI



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

Asal :	Hitab	Kelas
Terima Tgl:	27 JAN 2005	537.623
No. Induk :	<i>[Signature]</i>	YUN P

Oleh :

RIEKE KARTIKA YUNIARTI
NIM : 991810201025



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

MOTTO

- ☞ Tiga hal yang akan membuat kita sukses dalam hidup ini:
 - ☞ Selalu ingat kepada Allah Swt serta amanat kedua orang tua kita.
 - ☞ Jadikanlah Waktu sesuatu yang berharga, karena waktu tidak akan pernah kembali lagi walaupun sesaat.
 - ☞ Keiklasan dan ketekunan kita mengerjakan segala tugas dan kewajiban kita .

(Rieke '99)

- ☞ Dekatlah kepada tuhanmu Allah Swt walau seberat apapun ujiannya dan sebesar apapun rejekinya, karena Dia adalah maha adil. Dan jangan pernah congkak akan kesuksesanmu karena yang berhak segalanya adalah Allah Swt. Serta jangan pernah lupakan anak yatim.

(Ibundaku “*Sri Subiyati*”)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini aku *dedikasikan* untuk:

- ☞ Ayahandaku *Sugianta & Ibundaku Sri Subiyati* yang telah membesarkan, membimbing dan melindungiku. Terima kasih atas doa dan restunya.
- ☞ Kakak tercintaku *Iruan Mareta Kurniansyah* yang selalu melindungiku dan memberi semangat aku untuk terus maju agar aku berhasil.
- ☞ Maskoe *Aang Junaedi* yang selalu membantuku dalam keadaan sesulit apapun. Thanks.
- ☞ Bapak *Saejito, Phd* dan Ibu *Nanik, Msi* selaku DPU dan DPA, terimakasih atas bimbingannya selama ini.
- ☞ Ibu *Arvy Y Nurhayati, Msc* dan Bapak *Artata Arkundarta, Msi* Sebagai dosen penguji.
- ☞ Nenekku Ibu *Simoen* serta keluarga jember dan probolinggo terimakasih atas segalanya.
- ☞ Keluarga Yang ada di Umbulsari Bapak & Ibu *Sugat*, Bapak & Ibu *Fathullah*, Matur Nuwun
- ☞ Eyang Kakung & Eyang Putri *Soetrisno* Terimakasih atas doanya.
- ☞ Peri-peri kecilku "*Tria, Indra, Sheta & my lovely Cimol*".
- ☞ Sahabatku *Novi Sri Widiastutik & (alm) Hikmah Indah Drawati*, serta *Nurus*, aku sayang kalian dan pasti akan merindukan saat-saat itu lagi.
- ☞ Anak-anak Superkonduktor ; *Mendro, Ririn, Izah, Andy J.*
- ☞ Pak *Dji*, mas *Nurta*, mbak *Byiah & Pak Adi*, Terimakasih bantuannya.
- ☞ Buat *Dua (Pek!!)*, *Bini (Nyong!!)*, *Bintari (Nyo!!)*, *leny + ria* (terimakasih bantuannya), serta anak-anak kost'an *Esiranya* yang lain kompak selalu ya!!!
- ☞ Serta Almamaterku yang Tercinta.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil penelitian yang dimulai sejak bulan Februari 2004 sampai dengan Oktober 2004 di Laboratorium Fisika Superkonduktor Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember. Bersama ini kami menyatakan bahwa isi dari skripsi ini adalah hasil dari pekerjaan saya sendiri kecuali disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, November 2004

Rieke Kartika Yuniarti

ABSTRAK

SIFAT SUPERKONDUKTOR BAHAN KRISTAL Bi/Pb-2223, Rieke Kartika Yuniarti, 991810201025, Skripsi, Bulan November, Tahun 2004, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Penelitian tentang Sifat superkonduktivitas bahan kristal Bi/Pb-2223 dengan struktur $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ ini memiliki 2 hal pokok yang penting. Bagian pertama menggambarkan sintesis bahan $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ superkonduktor ($x=0; 0,1; 0,15$). Sintesis bahan menggunakan metode reaksi padatan yang didahului pencampuran cara basah, dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 820°C selama 40 jam dan proses sintering dengan suhu 845°C selama 50 jam untuk seluruh sampel. Pada bagian kedua, berisi tentang pengukuran temperatur kritis (T_c) dan Mikroskop Optik. Sebelum dilakukan pengukuran suhu kritis terlebih dahulu dilakukan morfologi bahan dengan Mikroskop Optik pada sampel. Setelah itu dilakukan pengukuran temperatur kritis (T_c) bahan $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ superkonduktor. Pengukuran T_c menggunakan metode empat titik (four points probe). Sampel bahan yang berbentuk balok diletakkan pada sampel holder selanjutnya dimasukkan dalam pipa tabung yang berisi nitrogen cair dengan tujuan agar bahan dapat melampui titik suhu kritisnya. Untuk selanjutnya dilakukan analisis grafik resistivitas (ρ) sebagai fungsi temperatur (T). Dari analisa data dapat disimpulkan bahwa sampel $\text{Pb}_{0,1}$ ($x=0,1$) memiliki suhu kritis sebesar 105 K dan mempunyai morfologi permukaan yang paling halus diantara ketiga bahan tersebut yaitu Pb_0 , $\text{Pb}_{0,1}$ dan $\text{Pb}_{0,15}$.

Kata kunci : superkonduktor, resistivitas (ρ), temperatur kritis (T_c), sintesis superkonduktor fase Bi-2223


HALAMAN PENGESAHAN

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

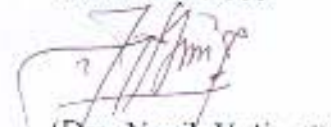
Hari : **RABU**
Tanggal : **05 JAN 2005**
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua/DPU


(Drs. Sujito, Ph.D)
NIP. 131 759 172

Sekretaris/DPA


(Dra. Nanik Yulianti)
NIP. 132 162 508

Dosen Penguji I


(Dra. Arry Y Nurhayati, Msc)
NIP. 131 577 293

Dosen Penguji II


(Artoto Arkundarto, Msi)
NIP. 132 236 059

Mengesahkan


(E. Sumadi, MS)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Allhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan serta penulisan skripsi ini dengan judul "Sifat Superkonduktivitas Bahan Kristal Bi/Pb-2223" guna memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.

Dalam menyelesaikan laporan penelitian ini penulis tidak lepas dari dorongan, bantuan, bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Bapak Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.
3. Bapak Drs. Sujito, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU).
4. Ibu Dra. Nanik Yulianti, MSi selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA).
5. Ibu Dra. Ary Y Nurhayati, MSc selaku Dosen Penguji I.
6. Bapak Artoto Arkundarto, Msi selaku Dosen Penguji II.
7. Semua staff Akademik di Fakultas MIPA khususnya jurusan fisika.

Kami menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, hal ini tidak lepas dari keterbatasan pengetahuan dan penalaran dari penulis. Maka dengan segala kerendahan hati akan senantiasa merentangkan kedua tangan untuk menerima masukan dan saran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini.

Akhirnya dengan memanjatkan doa kehadiran Allah SWT, sehingga penulisan laporan ini dapat bermanfaat kontribusi dan hikmah bagi kami sendiri maupun bagi pembaca pada umumnya.

Jember, November 2004

Penulis

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	xi
Daftar Tabel	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bahan Superkonduktor	4
2.2. Superkonduktor Sistem B(P)SCCO	5
2.3. Diagram Fase	6
2.3.1. Dasar Keseimbangan Fase	7
2.3.2. Diagram Fase Superkonduktor Suhu Tinggi	8
2.3.3. Diagram Fase B(P)SCCO	8
2.4. Peranan Dopan Pada Superkonduktor B(P)SCCO	10
2.5. Karakteristik Superkonduktor	11
2.5.1. Temperatur Kritis Superkonduktor Dan Faktor Yang Mempengaruhinya	11
2.5.2. Medan Kritis (H_c)	12

2.6. Reaksi Kimia Suhu Tinggi	13
2.6.1. Kalsinasi	13
2.6.2. Sintering	13
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Bahan dan Peralatan Sintesis	15
3.2.1. Bahan	15
3.2.2. Peralatan	15
3.3. Metode Sintesis	16
3.4. Metode Karakterisasi Sampel	19
3.4.1. Pengukuran Suhu Kritis (Kurva R-T)	19
3.4.2. Pengukuran Uji Mikroskop Optik	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Hasil	21
4.1.1. Bahan Keramik $\text{Bi}_2(\text{Pb})\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ Superkonduktor	21
4.1.2. Morfologi Permukaan	21
4.1.3. Pengukuran Temperatur Kritis (T_c)	23
4.2. Pembahasan	26
4.2.1. Bahan Bi-2223 Hasil Sintesis	26
4.2.2. Morfologi Permukaan Bahan	27
4.2.3. Pengaruh Dopan Pb Terhadap Temperatur Kritis (T_c)	28
Bahan	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran	32

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran 1. Perhitungan Bahan

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel Pb_0

Lampiran 3. Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel $Pb_{0,1}$

Lampiran 4. Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel $Pb_{0,13}$

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Magnetisasi M dan medan Magnet luar H pada superkonduktor tipe 2.....	5
Gambar 2.2 Struktur Kristal ketiga fase superkonduktor BSCCO/BPSCCO	6
Gambar 2.3 Diagram fase senyawa yang mempunyai sifat lelehan kongruen (A ₂ B) dan inkongruen (AB ₂)	7
Gambar 2.4 Diagram fase lengkap sistem (Bi,Pb) ₂ Sr ₂ Ca _n Cu _{n+1} O _{6+2n}	10
Gambar 2.5 Kurva temperatur kritis dari superkonduktor BPSCCO dengan metode self – flux	11
Gambar 2.6 Butiran – butiran bahan sebelum dan sesudah disinter	13
Gambar 3.1 Diagram alir proses sinterisasi serbuk BPSCCO-2223	16
Gambar 3.2 Diagram kalsinasi	18
Gambar 3.3 Diagram Sintering	19
Gambar 3.4 Rangkaian alat Pengukur kurva R-T	20
Gambar 4.1 Morfologi Permukaan untuk sampel Pb _n	22
Gambar 4.2 Morfologi Permukaan untuk sampel Pb ₀	22
Gambar 4.3 Morfologi Permukaan untuk sampel Pb ₀	22
Gambar 4.4 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur untuk sampel Pb ₀	24
Gambar 4.5 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur untuk sampel Pb _{0,1}	24
Gambar 4.6 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur untuk sampel Pb _{0,15}	25
Gambar 4.7 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur diatas temperatur Kritis Onset (T _{c,onset}) Sampel Pb ₀	30
Gambar 4.8 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur diatas temperatur Kritis Onset (T _{c,onset}) Sampel Pb ₀	30
Gambar 4.9 Grafik resistivitas sebagai fungsi temperatur diatas temperatur Kritis Onset (T _{c,onset}) Sampel Pb ₀	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Peralatan Eksperimen	16
Tabel 4.1 Nilai $T_{e\text{ total}}$, $T_{e\text{ maks}}$, $T_{e\text{ mid}}$, dan $T_{e\text{ onset}}$ untuk masing-masing Sampel	26



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan superkonduktor suhu kritis tinggi (SKST) umumnya berupa senyawa komponen jamak dan mempunyai struktur fase yang kompleks pula. Selain itu, sifat anisotropis yang berkaitan dengan struktur yang berlapis dan efek fluktuasi termal yang berkaitan dengan suhu kritis tinggi telah memperumit penelaahan bahan ini. Karena itu sintesis dan penumbuhan kristal dari senyawa SKST telah dilakukan secara intensif di berbagai laboratorium negara maju sejak 1987 (Darminto, 1999).

Salah satu bahan superkonduktor SKST yang penting adalah sistem Bi - Sr - Ca - Cu - O (BSCCO), karena bahan BSCCO memiliki suhu kritis (T_c) yang relatif tinggi. Dalam sistem ini dikenal 3 fase superkonduktif yang berbeda, yaitu fase Bi-2201 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$) dengan $T_c \sim 10\text{K}$, fase Bi-2212 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$) dengan $T_c \sim 80\text{K}$ dan fase Bi-2223 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$) dengan $T_c \sim 110\text{K}$. Sintesis bahan kristal BSCCO ini dapat ditempuh melalui beberapa metode, antara lain dengan metode *Floating Zones* (FZ), metode *Travelling Floating Zones* (TSFZ), metode fluks alkali halida, metode fluks alkali karbonat dan metode *Self Fluks* (Shaoyan Chu, 1997). Sementara itu metode yang digunakan untuk sintesa bahan keramik BSCCO adalah reaksi padatan dengan proses sintering dan kalsinasi (Agus, 2003).

Dibandingkan dengan sistem YBCO, sistem BSCCO memiliki keunggulan dalam suhu kritis (T_c), stabilitas terhadap gangguan lingkungan serta kemurahan bahan dasar. Namun demikian sintesis bahan BSCCO dengan fase 2223 yang memiliki T_c paling tinggi sejauh ini belum dapat menghasilkan kristal tunggal dengan ukuran yang berarti.

Beberapa usaha yang dilakukan untuk memperoleh fase tunggal T_c tinggi, antara lain metode fluks yang memiliki suhu leleh atau titik periteltik jauh lebih rendah. Beberapa bahan fluks yang telah digunakan adalah senyawa logam

seperti NaCl (R.H Arendt,1990), KCl (T. Yasuda,1991) dan oksida B_2O_3 (Shin Yu, 1994). Seperti yang telah dilakukan oleh Shin Yu dan kawan-kawan, dengan melakukan penumbuhan kristal melalui variasi kadar fluks (0 – 0.05) dari keseluruhan berat mol senyawa BSCCO untuk lama sintering 80 jam.

Salah satu cara untuk memperoleh fase tunggal Tc tinggi selain yang dilakukan dengan cara di atas adalah dengan pemberian dopan Pb (Qing-Rong,1991). Pemberian dopan Pb pada superkonduktor 2223 dapat meningkatkan stabilitas fase antara lain dapat mempercepat reaksi. Dopan Pb, dengan konsentrasi 0,2 dengan sintering dua kali pada suhu $868\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama lima hari, diperoleh fraksi volume Bi-2223 sekitar 90% (Qing-Rong,1991). Sementara itu, untuk konsentrasi Pb=0,4 dengan melakukan pengulangan sintering dua kali pada suhu $855\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 120 jam diperoleh fraksi volume Bi-2223 sebesar 70% (Prantasi,1997). Menurut penelitian P.Majewski, jumlah kandungan Pb dalam Bi 2223 ditentukan oleh suhu maksimum sinteringnya, yaitu untuk Bi-2212 suhu maksimumnya $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan Bi-2223 suhu maksimumnya $840\text{ }^{\circ}\text{C}$. Apabila melampaui batas suhu tersebut, maka Pb akan menguap. Atas dasar pemikiran tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi Pb untuk mengoptimalkan formasi Bi-2223, dalam hal sifat superkonduktivitas ataupun susunannya.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah “Bagaimanakah pengaruh konsentrasi dopan Pb pada Bi terhadap temperatur kritis (T_c) bahan kristal Bi/Pb-2223?”,

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan bahan kristal $Bi_{2-x}Pb_xSr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$ ($x=0; 0,1; 0,15$)
2. Mengkaji pengaruh dopan Pb terhadap Temperatur kritis (T_c) bahan kristal Bi/Pb-2223.

seperti NaCl (R.H Arendt,1990), KCl (T. Yasuda,1991) dan oksida B_2O_3 (Shin Yu, 1994). Seperti yang telah dilakukan oleh Shin Yu dan kawan-kawan, dengan melakukan penumbuhan kristal melalui variasi kadar fluks (0 – 0.05) dari keseluruhan berat mol senyawa BSCCO untuk lama sintering 80 jam.

Salah satu cara untuk memperoleh fase tunggal Tc tinggi selain yang dilakukan dengan cara di atas adalah dengan pemberian dopan Pb (Qing-Rong,1991). Pemberian dopan Pb pada superkonduktor 2223 dapat meningkatkan stabilitas fase antara lain dapat mempercepat reaksi. Dopan Pb, dengan konsentrasi 0,2 dengan sintering dua kali pada suhu $868\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama lima hari, diperoleh fraksi volume Bi-2223 sekitar 90% (Qing-Rong,1991). Sementara itu, untuk konsentrasi Pb=0,4 dengan melakukan pengulangan sintering dua kali pada suhu $855\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 120 jam diperoleh fraksi volume Bi-2223 sebesar 70% (Prantasi,1997). Menurut penelitian P.Majewski, jumlah kandungan Pb dalam Bi 2223 ditentukan oleh suhu maksimum sinteringnya, yaitu untuk Bi-2212 suhu maksimumnya $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan Bi-2223 suhu maksimumnya $840\text{ }^{\circ}\text{C}$. Apabila melampaui batas suhu tersebut, maka Pb akan menguap. Atas dasar pemikiran tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi Pb untuk mengoptimalkan formasi Bi-2223, dalam hal sifat superkonduktivitas ataupun susunannya.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah “Bagaimanakah pengaruh konsentrasi dopan Pb pada Bi terhadap temperatur kritis (T_c) bahan kristal Bi/Pb-2223?”.

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan bahan kristal $Bi_{2-x}Pb_xSr_2Ca_2Cu_3O_{10-\delta}$ ($x=0; 0,1; 0,15$)
2. Mengkaji pengaruh dopan Pb terhadap Temperatur kritis (T_c) bahan kristal Bi/Pb-2223.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam hal:

1. Memberikan bahan pengalaman dan menambah wawasan tentang bidang fisika superkonduktor bagi penulis.
2. Memacu perkembangan penelitian mengenai bahan superkonduktor di jurusan fisika khususnya dan Indonesia pada umumnya.

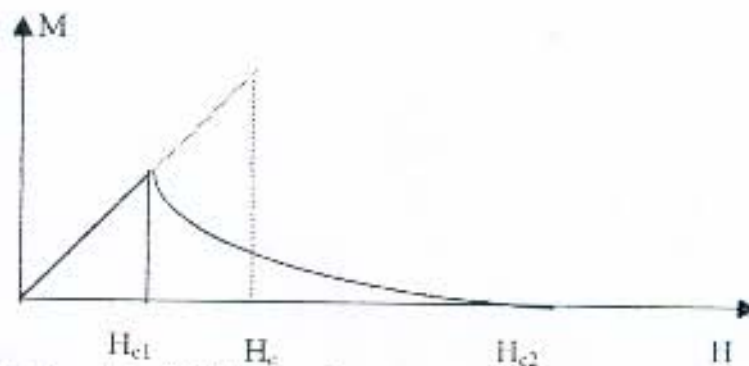


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Superkonduktor

Pada tahun 1898, seorang fisikawan yang bernama James Dewar melakukan penelitian tentang pencairan hidrogen pada 20 K. Penelitian ini kemudian berkembang pada tahun 1908, seorang fisikawan Belanda Heike Kamerlingh Onnes mendemonstrasikan pencairan pada suhu rendah 4,2 K. Hal ini memberikan masukan bagi ilmu fisika tentang fisika suhu rendah. Pada tahun 1911, Kamerlingh Onnes menunjukkan penemuan barunya tentang superkonduktivitas Hg (Mercury) pada suhu 4,2 K.

Bahan superkonduktor dapat dikelompokkan menjadi tipe 1 dan tipe 2. Untuk bahan superkonduktor tipe 1, pada umumnya memiliki medan kritis (H_{c2}) rendah. Untuk tipe ini besarnya $H_c (0^\circ)$ berada dalam ratusan oersted. Hal ini menunjukkan bahwa bahan superkonduktor tersebut jika ditempatkan dalam medan magnet yang lebih besar dari $H_c (0^\circ)$, medan bahan superkonduktor itu akan menjadi normal (S.I Yoo Sakai, 1994). Superkonduktor tipe 2 kebanyakan terjadi pada bahan aloi atau logam-logam transisi dengan nilai hambatan listrik tinggi bila berada dalam keadaan normal. Untuk superkonduktor tipe 2 mempunyai sifat kelistrikan superkonduksi sampai batas medan H_{c2} (Agus, 2003). Superkonduktor tipe 2 yang memiliki T_c dan struktur yang baik dapat menolak medan magnet luar sepenuhnya sampai pada batas medan kritis H_{c1} . Diatas H_{c1} medan luar ditolak sebagian tetapi bahan masih memperlihatkan sifat superkonduktivitasnya. Jauh diatas H_{c2} fluks medan luar dapat menembus seluruhnya dan superkonduktivitas bahan lenyap.

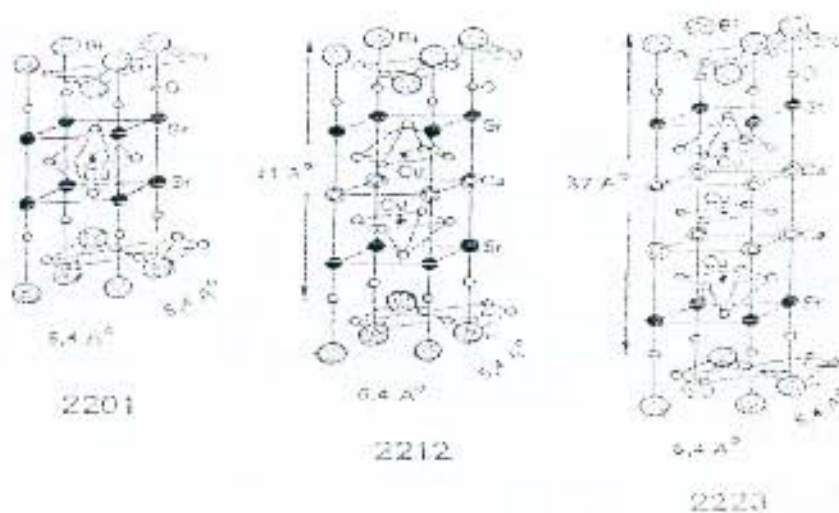


Gambar 2.1 Magnetisasi M dan medan magnet luar H pada superkonduktor tipe 2

Perkembangan bahan superkonduktor telah mencapai temperatur kritis 23,3 K yaitu pada Nb_3Ge . Pada tahun 1987 JG Bednorz dan KA Muler menyelidiki superkonduktivitas bahan Superkonduktor tipe 2 oksida logam $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ dengan temperatur kritis 40 K. Kemudian dalam waktu yang singkat, pada akhir tahun 1987 didapatkan T_c yang lebih tinggi hingga mencapai temperatur 92 K yaitu pada bahan $TBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Agus,2003).

2.2 Superkonduktor Sistem B(P)SCCO

Dalam superkonduktor sistem B(P)SCCO terdapat tiga fase superkonduktor yang dinyatakan dengan rumus $Bi_2Sr_2Ca_mCu_{m+1}O_y$ dengan $m=0,1,$ dan 2 . Ketiga fase tersebut adalah fase 2201 ($T_c=10K$), fase 2212 ($T_c=80K$) dan fase 2223 ($T_c=110K$) dengan struktur kristal pada gambar 2.1. Semua superkonduktor T_c tinggi dengan dasar tembaga (Cu) memiliki struktur kristalografi yang terdiri dari blok-blok 'perovskite'. Blok-blok ini tersusun sedemikian rupa dengan bidang-bidang CuO_2 yang berfungsi sebagai lapisan konduksi.



Gambar 2.2 Struktur kristal ketiga fase superkonduktor BSCCO / BPSCCO

2.3 Diagram Fase

Fase adalah sekumpulan atom atau molekul yang tergabung secara homogen. Fase suatu sistem selain ditentukan oleh komposisi kimianya juga ditentukan oleh struktur (energi bebas Gibbs) dan harus memiliki batas permukaan antar bulk yang jelas serta berukuran setingkat diatas ukuran sel satuan kristal agar memiliki sifat termodinamik yang jelas seperti suhu, tekanan, volume dan energi (William B, 1979).

Diagram fase adalah diagram yang dapat digunakan sebagai pedoman atau peta jalan (*roadmaps*) untuk mencapai sasaran yang tepat, mempermudah eksperimen penumbuhan kristal (informasi praktis yang sesuai) dan perencanaan pembuatan komposisi yang baru.

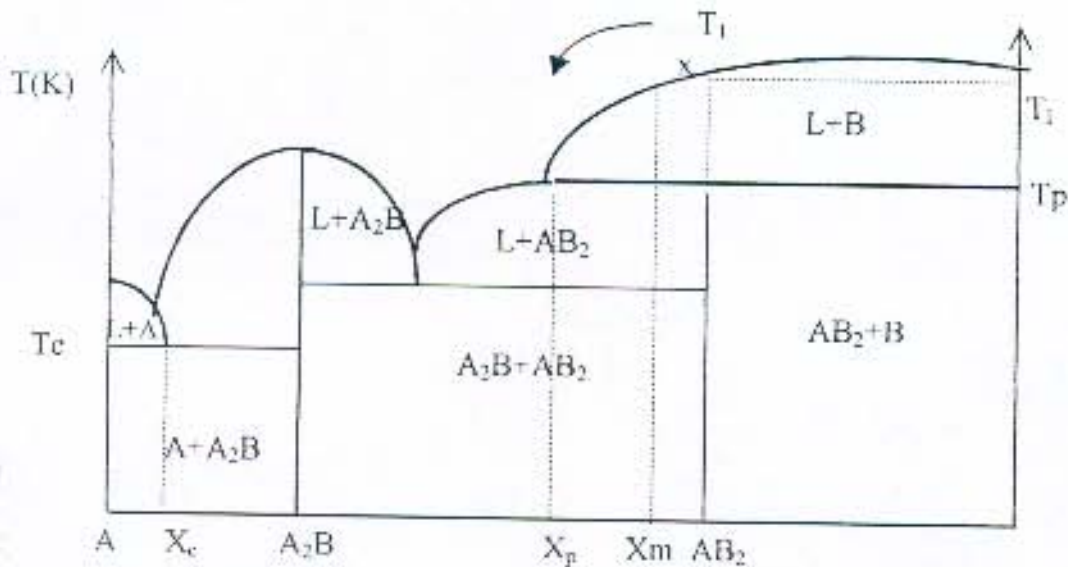
Secara umum hasil kesetimbangan membutuhkan:

- Partikel yang halus
- Bahan awal yang murni
- Komposisi yang tepat
- Pencampuran yang baik
- Waktu dan suhu pembakaran yang sesuai

2.3.1 Dasar Kesetimbangan Fase

Diagram fase untuk kesetimbangan fase padat cair ditentukan oleh metode kurva pendinginan. Kurva ini dibentuk dengan pengambilan suatu padatan dari komposisi tertentu, dilelehkan secara sempurna dalam fase cair dan kemudian mencatat suhu pada berbagai waktu sampai sistem memadat dengan sempurna. Jadi kurva pendinginan adalah grafik antara suhu dan waktu.

Fase dari suatu sistem selain ditentukan oleh komposisi kimianya juga ditentukan oleh struktur (yaitu energi bebas Gibbs) dan harus mempunyai batas permukaan yang jelas serta berukuran setingkat di atas ukuran sel satuan kristal agar memiliki sifat termodinamik (sifat bulk yang jelas) seperti suhu dan tekanan. Jadi salah satu variabel yang paling penting dalam pembentuk fase tertentu adalah perbandingan komposisi dalam sistem yang bersangkutan. Perbandingan ini dapat diungkapkan dalam persentase berat, persentase mol atau fraksi mol.



Gambar 2.3 Diagram fase senyawa yang mempunyai sifat lelehan kongruen (A_2B) dan inkongruen (AB_2)

Senyawa padatan yang meleleh secara kongruen adalah senyawa yang dapat berada dalam keadaan setimbang dengan fase cairannya dalam komposisi komponen yang sama. Contoh dalam diagram fase diatas adalah senyawa A_2B . Kristal senyawa kongruen dapat ditumbuhkan langsung dari lelehannya, karena

senyawa sejenis ini tidak mengalami perubahan komposisi kimia dalam proses transisi $S \longleftrightarrow L$.

Senyawa padatan yang meleleh secara inkongruen akan mengalami perubahan komposisi pada proses transisi $S \longleftrightarrow L$. Seperti diperlihatkan oleh diagram fase di atas, Senyawa AB_2 yang berawal dari fase padatan dalam proses pemanasan akan mulai mengalami dekomposisi pada T_p menjadi campuran fase cairan dan fase padatan ($L + B$) dengan komposisi berlainan dari semula.

2.3.2 Diagram Fase Superkonduktor Suhu Tinggi

Superkonduktor suhu tinggi umumnya merupakan senyawa yang mempunyai sifat lelehan inkongruen, yang terbentuk melalui periteltik. Senyawa ini dapat diperoleh dengan komposisi yang berbeda. Ukuran grain (butiran) tergantung pada perlakuan pemanasan sebelum reaksi periteltik terjadi. Sebagai contoh, pada pendinginan lambat sampai mencapai suhu periteltik, grain umumnya akan terbentuk.

Secara umum reaksi periteltik sangat lambat sebab difusinya lambat. Kemudian pertumbuhan kristal dari senyawa periteltik dengan mengontrol komposisi stokiometri adalah tidak mungkin.

2.3.3 Diagram Fase BSCCO

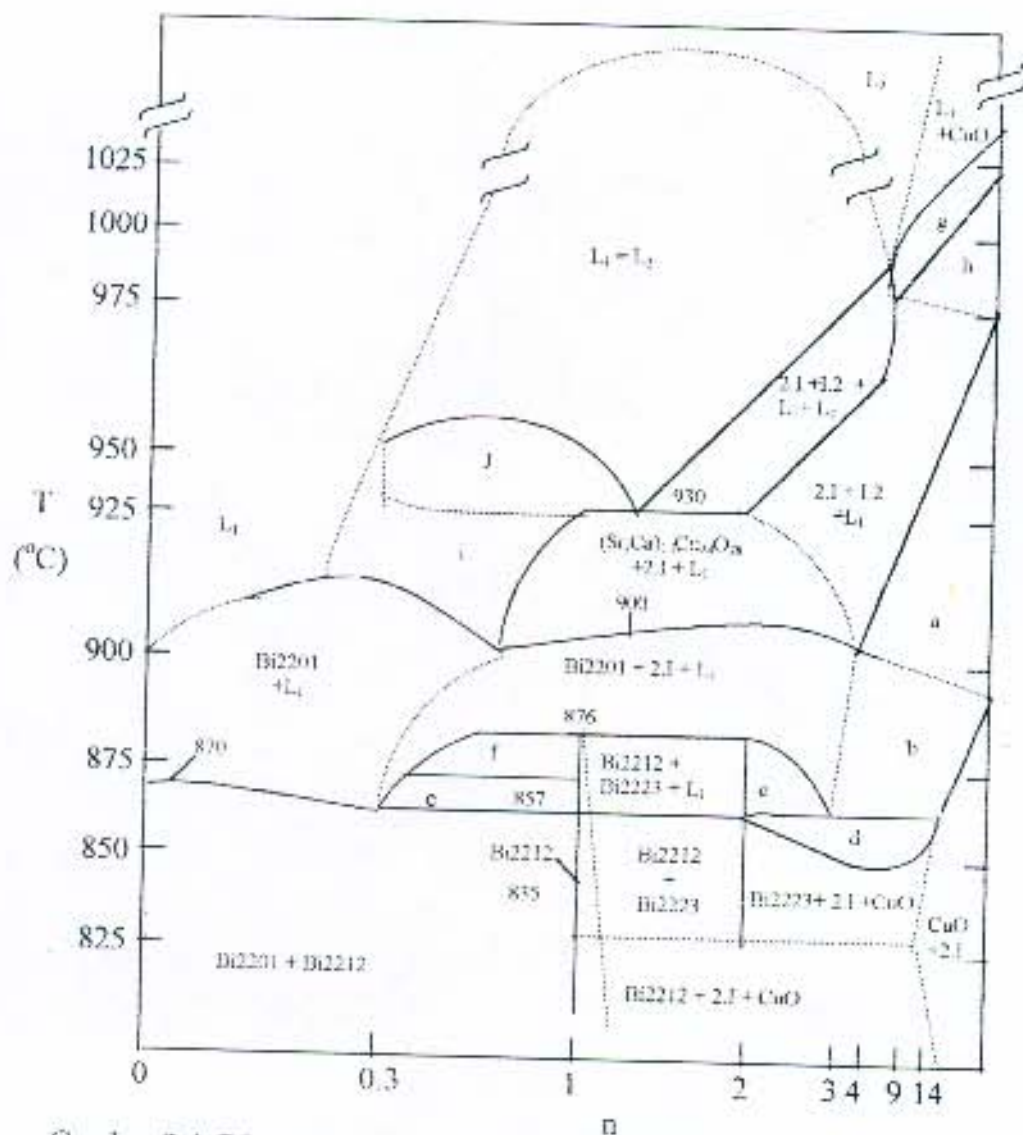
Diagram fase yang dihasilkan oleh setiap peneliti berbeda, tergantung komposisi awal senyawa yang digunakan. Apabila jumlah elemen dalam sistem bertambah, misalnya dengan penambahan senyawa PbO dalam $Bi2223$, maka jumlah fase yang dapat muncul dalam kesetimbangan juga bertambah.

Diagram fase pada gambar 2.3 menyatakan hubungan antara suhu dan komposisi pembentukan $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_{6+2n}$ dengan n berbeda (strobel dkk). Dalam diagram fase tersebut terdapat lima daerah fase dimana terjadi pembentukan fase 2223, yaitu daerah fase $Bi2212 + Bi2223 + Li$, daerah fase $Bi2223 + (Sr,Ca)_2CuO_3 + Li$, daerah fase $Bi2223 + (Sr,Ca)_2CuO_3 + CuO + Li$, daerah fase $Bi2223 + (Sr,Ca)_2CuO_3 + CuO$, daerah fase $Bi2212 + Bi2223$. Dari kelima daerah fase tersebut, tiga daerah mengandung cairan karena sudah

mengalami *partial melting*, sedangkan dua fase lainnya adalah padatan. Sehingga untuk menghindari munculnya fase impuritas yang tidak diinginkan. Seperti CuO , $(\text{Sr.Ca})_2\text{CuO}_3$ dan fase lain, maka daerah fase $\text{Bi2212} + \text{Bi2223}$ merupakan daerah yang paling efektif dalam menumbuhkan fase 2223, karena hanya mengandung fase 22212 dan fase 2223.

Jangkauan suhu pembentukan fase Bi2223 dalam daerah tersebut sangat kecil yaitu $835^\circ\text{C} < T < 857^\circ\text{C}$ dan batas komposisi (n) antara 1 dan 2. Superkonduktor sistem Bi2223 mempunyai sifat lelehan secara inkongruen pada 857°C , tetapi pertumbuhan melalui *partial melting* tidak digunakan untuk pertumbuhan butiran dalam pembentukan struktur, sebab fase Bi2223 dan fase lain umumnya muncul selama pengkristalan kembali.

Bagaimanapun juga pelelehan untuk waktu yang pendek kadang-kadang juga digunakan dalam pembentukan struktur Bi2223 untuk menambah kontak antar butiran (*intergranular*). Proses diikuti dengan annealing yang panjang pada suhu yang lebih rendah dari suhu pembentukan senyawa superkonduktor hanya merupakan batas suhu maksimum dan minimum, maka masih diperlukan eksperimen untuk memperoleh suhu yang paling optimum untuk pertumbuhan fase yang diinginkan.



Gambar 2.4 Diagram fase lengkap sistem $(\text{Bi,Pb})_2 \text{Sr}_2 \text{Ca}_2 \text{Cu}_{n+1} \text{O}_{6+2n}$

Keterangan:

$n=0$ Bi2201

$n=1$ Bi2201

$n=2$ Bi2223

2 : 1 $(\text{Sr, Ca})_2 \text{CuO}_3$

1 : 2 $(\text{Sr, Ca}) \text{CuO}_3$

f : 2 : 1 + L2

g : 2 : 1 + 1 : 2

a : Bi2201 + 2 : 1 + CuO + LI

b : Bi2223 + 2 : 1 + LI

c : Bi2223 + 2 : 1 + CuO + LI

d : Bi2201 + Bi2212 + LI 2 : 1

e : Bi2212 + LI + 2 : 1

h : $(\text{Sr, Ca})_{14} \text{Cu}_{24} \text{O}_{28}$ + LI

i : $(\text{Sr, Ca})_{14} \text{Cu}_{24} \text{O}_{28}$ + LI + L2

2.4 Peranan Dopan Pada Superkonduktor B(P)SCCO

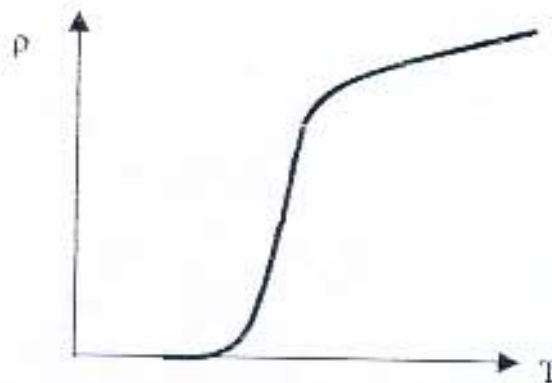
Dopan berperan penting dalam pembentukan superkonduktor T_c tinggi. Dopan dapat berupa substitusi artinya mengganti atom asli didalam superkonduktor dengan atom dopan yang ukurannya tidak jauh berbeda dengan ukuran atom aslinya, atau dopan juga dapat berupa penambahan artinya menambahkan atom-atom dopan kedalam atom-atom asli superkonduktor. Dopan berupa substitusi secara kimiawi dapat diprediksi dari informasi letak hole yang dihasilkan sebagai akibat dari pemberian dopan tersebut. Dopan yang tidak dapat larut atau memiliki solubilitas rendah dan konsentrasinya bertambah melebihi batas solubilitas, mengakibatkan terbentuknya fase kedua biasanya berupa insulasi juga terkadang membentuk lapisan intergranular. Pengaruh dopan akan tampak lebih nyata jika fase impuritas berdekatan dengan hole-hole superkonduksi yang terbentuk pada bidang CuO_2 . Efek impuritas dapat digunakan menghitung stabilitas superkonduktor dalam berbagai lingkungan baik dalam bentuk bulk maupun dalam bentuk lapisan tipis.

Penambahan Pb sebagai dopan berperan penting dalam pembentukan superkonduktor T_c tinggi yang menghasilkan substitusi Bi oleh Pb sehingga memperoleh fase 2223 dengan laju formasi yang lebih cepat dan meningkatkan pembentukan fase 2223.

2.5 Karakteristik Superkonduktor

2.5.1 Temperatur Kritis Superkonduktor Dan Faktor Yang Mempengaruhinya.

Salah satu sifat paling menarik dari bahan superkonduktor pada temperatur rendah adalah resistivitasnya nol ($\rho = 0$) pada temperatur rendah tertentu. Temperatur tersebut dikenal sebagai Temperatur kritis (T_c) atau temperatur transisi yaitu suhu terjadinya transisi dari keadaan normal ke keadaan superkonduktif. Transisi tersebut reversibel artinya apabila dipanaskan akan kembali memiliki resistivitas normal pada suhu T_c . Pada superkonduktor konvensional, misalnya Hg harga $\Delta T_c = T_{c_{on}} - T_{c_{no}} \cong 0.01\text{K}$. Secara umum kurva perbandingan $\rho - T$ ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva temperatur kritis dari superkonduktor BPSCCO dengan metode self-flux.

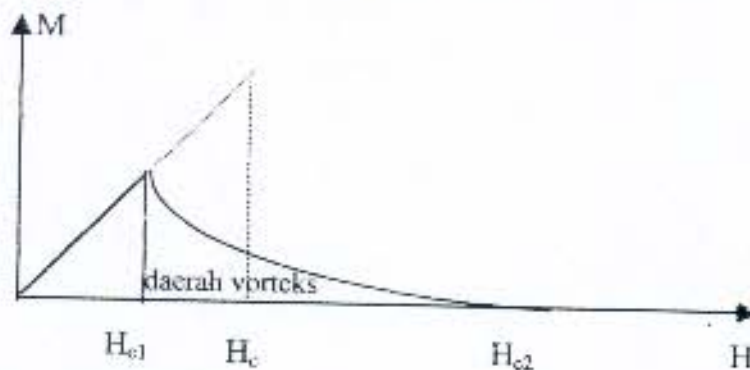
2.5.2 Medan Kritis

Medan magnet yang diperlukan untuk menghilangkan seluruh atau sebagian superkonduktivitas atau memulihkan resistivitas normalnya disebut medan kritis (H_c). Hubungannya dengan T_c sebagai berikut:

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

Dengan $H_c(0)$ adalah medan kritis pada $T = 0K$

Dalam superkonduktor tipe II terdapat dua medan kritis, yaitu : medan kritis bawah H_{c1} dan medan kritis atas H_{c2} . Dibawah H_{c1} fluks magnetik ditolak secara sempurna dan diatas H_{c1} fluks magnet sebagian dapat menembus interior bahan sampai batas medan kritis H_{c2} . H_{c2} bahan akan kehilangan sifat superkonduktivitasnya. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Magnetisasi M dan medan magnet luar H pada superkonduktor tipe 2

Pada Gambar 2.1 medan kritis yang lebih rendah (H_{c1}) akan berangsur-angsur berkurang hingga mencapai harga nol pada suatu medan kritis yang ditandai dengan H_{c2} . Daerah diantara H_{c1} dan H_{c2} mempunyai efek meissner yang tidak sempurna yang dikenal sebagai daerah vorteks.

2.6 Reaksi Kimia Suhu Tinggi

2.6.1 Kalsinasi

Kecepatan pada saat kalsinasi bergantung pada:

1. Kecepatan reaksi yang terjadi pada reaksi permukaan
2. Kecepatan penerimaan panas (*heat transfer*)
3. Kecepatan hubungan udara (*gas transport*)

2.6.2 Sintering

Setelah kalsinasi, proses selanjutnya, bahan digerus ulang, dipres (dicetak) kemudian dipanaskan pada suhu tertentu untuk membentuk dan mengompakkan komposisi yang diinginkan. Proses ini disebut proses sintering.

Sintering sendiri mempunyai pengertian yaitu suatu proses pengikatan secara termal, artinya partikel-partikel bahan dibentuk menjadi satu dengan ikatan yang kuat dan keras. Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan partikel-partikel sebelum disinter dan partikel-partikel setelah disinter.



Gambar 2.6 Butiran – butiran bahan sebelum dan sesudah disinter

Pengulangan penggerusan, pencampuran dan sintering ulang diperlukan untuk membuat reaksi menjadi sempurna, yang selanjutnya berguna untuk

membentuk senyawa fase tunggal T_c tinggi. Kontak permukaan antara partikel – partikel dimaksimumkan dengan mengepres serbuk sebelum sintering yang dapat pula berguna untuk mempertahankan bentuk yang diinginkan dari penyusutan maupun pengembangan panas reaksi, hal ini bergantung pada kondisi proses. Faktor fisis utama pengontrol sintering adalah suhu. Berbeda dengan pembuatan keramik konvensional, pada sintesis superkonduktor T_c tinggi memerlukan kontrol yang cermat agar diperoleh struktur atau sifat-sifat superkonduktif yang diinginkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fisika Superkonduktor fakultas MIPA jurusan Fisika, di mulai pada bulan Februari 2004 sampai bulan Oktober 2004.

3.2 Bahan Dan Peralatan Sintesis

3.2.1 Bahan

Sampel superkonduktor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-x}$, dipersiapkan dari bahan kimia bismut (III) oksida, timbal (II) oksida, stronsium karbonat, kalsium karbonat, tembaga (II) oksida dengan kemurnian yang tinggi. Bahan kimia dengan persentase kemurniannya yaitu Bi_2O_3 (99,9%), PbO (99,9%), SrCO_3 (99,9%), CaCO_3 (99,9%), CuO (99,9%), dicampur dengan perbandingan molar Bi:Pb:Sr:Ca:Cu . Doping Pb berfungsi sebagai stabilisator atau mediator untuk mempercepat pertumbuhan fase 2223. Campuran bahan-bahan awal tersebut dipersiapkan dalam tiga komposisi perbandingan molar dengan rumus awal $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-x}$ yaitu :

- Sampel A: $\text{Bi}_{2,0}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-x}$ ($x=0$)
- Sampel B : $\text{Bi}_{2-0,1}\text{Pb}_{0,1}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-x}$ ($x=0,1$)
- Sampel C : $\text{Bi}_{2-0,15}\text{Pb}_{0,15}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-x}$ ($x=0,15$)

3.2.2 Peralatan

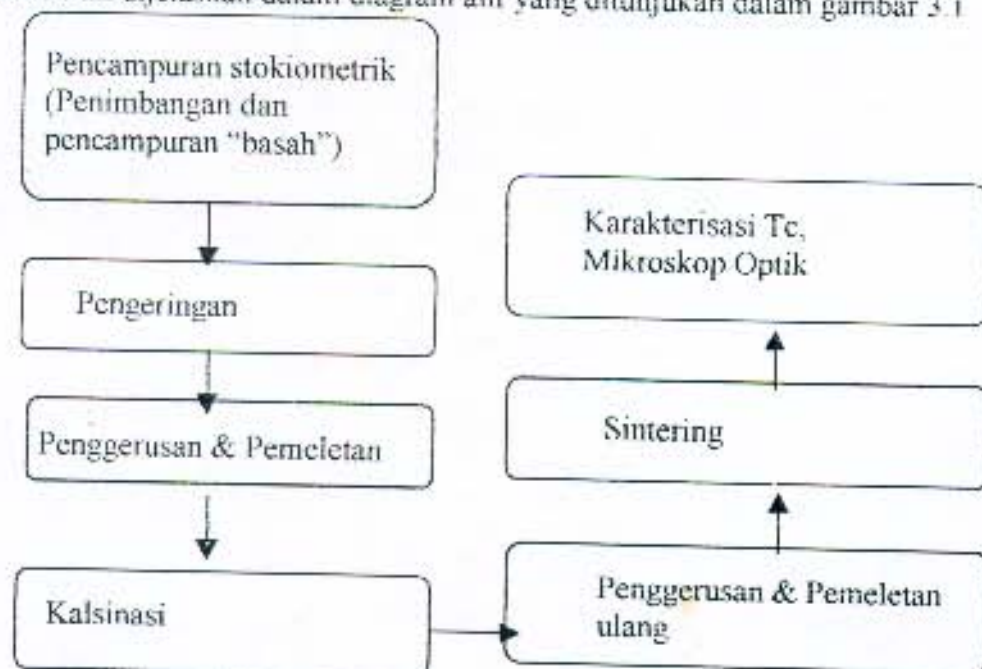
Peralatan yang digunakan dalam eksperimen ini dicantumkan dalam tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Peralatan eksperimen

Peralatan sintesis	Peralatan Karakterisasi
<ul style="list-style-type: none"> • Neraca Sartorius • Beker Glass, pengaduk, sendok kecil • Mortal • Krucibel • Tungku pemanas • Cetakan sampel 	<ul style="list-style-type: none"> • Peralatan MO • Pengukur $\rho - T$

3.3 Metode Sintesis

Secara umum metode yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah metode reaksi padatan yang didahului pencampuran cara basah, untuk menjamin homogenitas sampel yang dihasilkan. Sintesis superkonduktor fase Bi-2223 dalam penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir yang ditunjukkan dalam gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram alir proses sintesis serbuk BPSCCO-2223

Pencampuran cara basah

Bahan – bahan awal yang sudah tercampur dalam bejana gelas dicampur dengan aquades dan HNO_3 (65%) diaduk sampai seluruh bahan larut dengan sempurna dan berwarna biru jernih.

Pengeringan

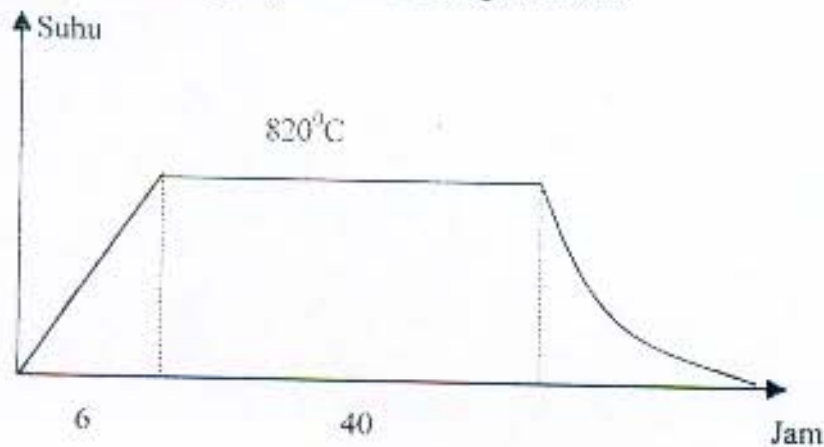
Setelah terbentuk, larutan homogen tersebut dikeringkan diatas pemanas (*hot plate*) dengan suhu 300°C hingga larutan kering membentuk endapan padat berwarna biru kehitam –hitaman (Budi,2002), kemudian dikeringkan kembali ke dalam tungku pemanas dengan suhu 250°C selama 48 jam. Tujuan pengeringan ini adalah untuk pelepasan asam nitrat dan uap air yang masih tertinggal didalam bahan, hal ini mencegah agar bahan pada saat digerus dan dipcelet tidak mengeluarkan air yang mengakibatkan bahan menjadi basah.

Penggerusan dan Pembuatan Pelet.

Setelah proses pengeringan selesai dilaksanakan dalam tungku, penggerusan dilakukan dengan mortal dan pastel secara manual selama 6 jam (bertahap) sampai bahan terasa halus. Tujuan dari penggerusan selain membuat bahan superkonduktor menjadi semakin halus, juga diharapkan lebih meningkatkan homogenitas campuran bahan juga meningkatkan efektivitas reaksi pada saat proses kalsinasi dan sintering. Makin halus serbuk, makin luas permukaan butir sehingga reaksi dapat berlangsung optimal. Setelah penggerusan dilakukan pemeletan dengan cara penekanan menggunakan cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter 1.8 cm. Ketebalan sampel pelet dapat diatur berdasarkan banyaknya serbuk yang dimasukkan kedalam cetakan. Pemeletan bertujuan untuk meningkatkan efektivitas reaksi pada saat dilakukan proses pemanasan (kalsinasi atau sintering), karena butir yang halus, reaksi padatan akan mudah berlangsung jika jarak antar butir sedekat mungkin.

Kalsinasi

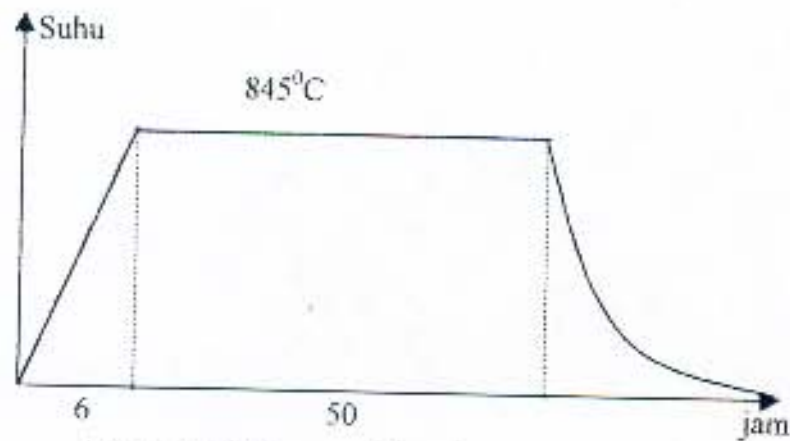
Proses kalsinasi bertujuan untuk membentuk senyawa prekursor berupa fase 2212 dan impuritas lain seperti Ca_2PbO_4 guna memperoleh senyawa superkonduktor BPSCCO fase 2223. Kalsinasi untuk senyawa ini dilakukan pada suhu 820°C selama 40 jam (Budi, 2002). Selama proses berlangsung terjadi pelepasan senyawa karbon berbentuk CO_2 sehingga diperoleh senyawa yang lebih stabil. Sampel yang telah dikalsinasi akan menyusut meninggalkan porositas akibat keluarnya gas-gas selama proses berlangsung dan reaksi yang tidak sempurna akibat kecilnya kontak antar permukaan butir. Karena itu perlu dilakukan penggerusan ulang sehingga homogenitas bahan meningkat. Diagram kalsinasi dinyatakan dengan gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Diagram kalsinasi

Sintering

Setelah penggerusan ulang, dilakukan pemeletan kembali untuk kemudian dilakukan proses pemanasan sintering pada suhu 845°C selama 50 jam (Budi, 2002). Proses ini bertujuan untuk membentuk senyawa BPSCCO 2223. Faktor yang menentukan pada proses sintering adalah kontrol suhu. Umumnya suhu sintering adalah tiga perempat suhu leleh, namun superkonduktor suhu tinggi memerlukan kontrol suhu yang akurat sehingga memerlukan diagram fasa sebagai penuntun (Budi, 2002). Diagram sintering dinyatakan pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3. Diagram Sintering

3.4 Metode Karakterisasi Sampel

Sampel yang telah selesai dibuat dikarakterisasi dengan kurva R-T dan mikroskop optik.

3.4.1 Pengukuran Temperatur Kritis (kurva R-T)

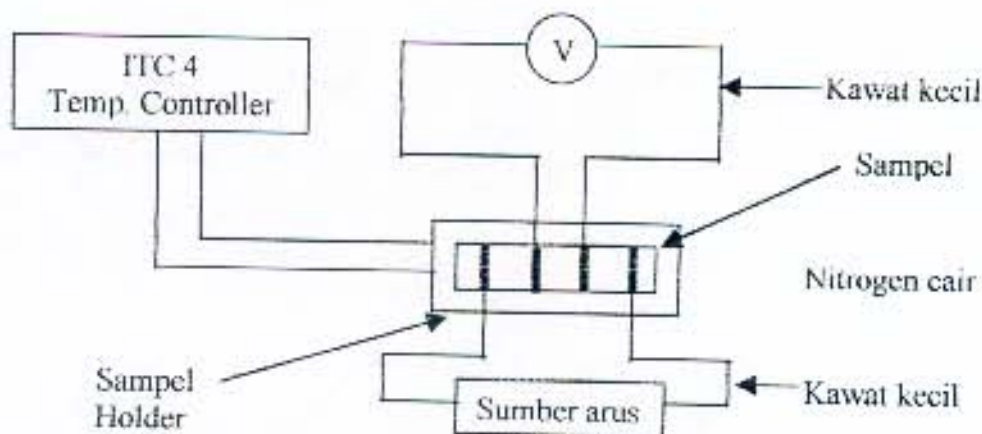
Parameter penting yang perlu diamati adalah temperatur kritis (T_c) dan kurva R-T yang dapat memberikan indikasi kualitas sampel yang diperoleh. Metode yang digunakan biasanya adalah "four-points probe" yaitu arus DC dialirkan melalui dua elektroda menggunakan *Stanford Lock-in Amplifier* kemudian secara perlahan-lahan dinaikkan harganya, secara bersamaan dicatat ΔV (beda tegangan) melalui dua elektroda yang lain, elektroda-elektroda yang merupakan *probe* disambungkan ke sampel menggunakan kawat email dengan pasta silver. Sampel dimasukkan kedalam Tabung pipa yang diisi oleh nitrogen cair.

Untuk menghitung resistivitas (ρ), digunakan persamaan sederhana, yaitu :

$$\rho = \left(\frac{p \cdot l}{d} \right) \left(\frac{V}{I} \right) \Omega \text{cm} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana d adalah jarak antara probe, V dan I adalah tegangan dan arus, ρ adalah resistivitas.

Berikut ini adalah skema pengukuran kurva R-T dengan menggunakan metode 'four points probe' ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian alat pengukur kurva R - T

3.4.2 Uji Mikroskop Optik

Pengukuran dengan mikroskop optik bertujuan untuk melihat struktur butiran bahan superkonduktor. Analisis struktur bahan dengan mikroskop optik dilakukan dengan prosedur:

1. Melakukan pengukuran struktur bahan dengan mikroskop optik berdasarkan skala perbesaran tertentu.
2. Mengatur faktor pembesaran sehingga diperoleh gambar yang maksimum.
3. Melakukan pemotretan pada posisi tertentu untuk mengetahui morfologi bahan yang dihasilkan
4. Melakukan interpretasi berdasarkan hasil foto yang diperoleh.

Uji struktur mikro dari sampel dengan mikroskop optik ini dilakukan di laboratorium fisika. Studi uji mikroskop optik ini dilakukan untuk mengetahui morfologi suatu bahan yang dihasilkan dengan daya pembesaran 400 kali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan penting, sebagai berikut :

1. Telah dihasilkan bahan $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-6}$ ($x=0; 0,1; 0,15$) superkonduktor melalui reaksi padatan yang didahului dengan pencampuran basah yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 820°C selama 40 jam dan sintering dengan suhu 845°C selama 50 jam.
2. Variasi dopan Pb menyebabkan perbedaan morfologi permukaan masing-masing sampel. Sampel yang menghasilkan morfologi permukaan yang halus dan butirannya teratur adalah sampel $\text{Pb}_{0,1}$.
3. Suhu kritis tertinggi yang dihasilkan dari ketiga bahan yang berbeda yaitu Pb_0 , $\text{Pb}_{0,1}$, $\text{Pb}_{0,15}$ adalah 105K, untuk sampel $\text{Pb}_{0,1}$.
3. Dopan Pb dapat mempercepat dan meningkatkan pembentukan fase 2223.

5.2 Saran

1. Perlunya dilakukan penelitian untuk pengaruh variasi waktu dan suhu sintering dalam pembentukan kristal superkonduktor Bi-2223 dengan jumlah kandungan dopan Pb yang sama untuk setiap sampel.
2. Perlunya dilakukan pengukuran J_c untuk mengetahui karakteristik rapat arus.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bourdillon & N.X. Tan Bourdillon, 1994, *High Temperature Superconductors Processing and Science*, Academic Press, Inc. New York.
- Agus R, 2003, *Sifat Superkonduktor Bahan Keramik $Nd_{1-x}Y_xCu_3O_{7-\delta}$* , Superkonduktor, Universitas Jember.
- Budi, E. 2002, *Fabrikasi Dan Karakterisasi Pita Komposit Superkonduktor BPSCCO-2223/Ag Dengan Metode PIT*, Tesis S-2 Jurusan Fisika ITB.
- Darminto, A.A. Nugroho, A.Rusyidi, AA. Menovsky dan W. Loeksmato, 1999, *Variasi tekanan oksigen dalam Penumbuhan Kristal Tunggal Superkonduktor $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ dan Pengaruhnya*, Proc ITB, vol 31, N0 3.
- Nanik Yulianti, 2000, *Sintesis Kristal Superkonduktor Bi-2212 Dengan Metode Self-Flux*, Tesis Magister Jurusan Fisika ITB.
- Peter Majewski, Stefanie Kaesche, Huang-Lung Su and Fritz Aldinger, *The Pb Solubility of the Bi-based high-Tc Superconductors $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ as a Function of Temperature*, Max-Planck Institut.
- Prantasi, 1997, *Pengaruh Variasi Dopan Pb pada Pembentukan Superkonduktor (Bi-Pb)-2223 Melalui Prekursor (Bi-Pb)-2212*, Tesis S-2 Jurusan Fisika ITB.
- Qing-Rong, Feng, et.al., *Solid State Communication*, Vol. 78, No 7 pp 609-613, 1991, Printed in Great Britain.
- R.H Arendt, M.F Garbaskas and L.I. schilling, 1990, *Mat. Res. Soc. Proc.* 169, 397.
- Shan Yu, Yuichi Okuda, Takasu Hashimoto, Yasuta Suemune, 1994, *Effect of B_2O_3 addition on the formation of single high Tc phase in the $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_2O_x$ Superconductor*, Physica C224, 363 - 367.
- Shaoyan Chu and Michael E.Mc Henry, 1997, *Growth and Characterization of $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_2O_x$ Single Crystals*, Departement of Material Science and Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania.
- S. I Yoo Sakai, H. Takaichi, T. Higuchi & M. Murakami, 1994, *APPL. Phys. Lett.*, 58,405.
- Strobel P, Tolendano, J. C. Morin, D. Schneck, J. Vaquier, G Monnerau, O Drimot J dan Fournier T, 1992, *Phase Diagram Of The System $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2CuO_6-CaCuO_2$ Between $820^{\circ}C$ And $1100^{\circ}C$* , Physica C, 201.
- T. Yasuda and S.Takano. 1991, *Jpn. J. Appl. Phys.* 30, L348.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bourdillon & N.X. Tan Bourdillon, 1994, *High Temperature Superconductors Processing and Science*, Academic Press, Inc. New York.
- Agus R, 2003, *Sifat Superkonduktor Bahan Keramik $Nd_{1-x}Y_xCu_3O_{7-\delta}$ Superkonduktor*, Universitas Jember.
- Budi, E. 2002, *Fabrikasi Dan Karakterisasi Pita Komposit Superkonduktor BPSCCO-2223/Ag Dengan Metode PIT*, Tesis S-2 Jurusan Fisika ITB.
- Darminto, A.A. Nugroho, A.Rusyidi, AA. Menovsky dan W. Loeksmato, 1999, *Variasi tekanan oksigen dalam Perumbuhan Kristal Tunggal Superkonduktor $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ dan Pengaruhnya*, Proc ITB, vol 31, N0 3.
- Nanik Yulianti, 2000, *Sintesis Kristal Superkonduktor Bi-2212 Dengan Metode Self-Flux*, Tesis Magister Jurusan Fisika ITB.
- Peter Majewski, Stefanie Kaesche, Huang-Lung Su and Fritz Aldinger, *The Pb Solubility of the Bi-based high-Tc Superconductors $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ as a Function of Temperature*, Max-Planck Institut.
- Prantasi, 1997, *Pengaruh Variasi Dopan Pb pada Pembentukan Superkonduktor (Bi-Pb)-2223 Melalui Prekursor (Bi-Pb)-2212*, Tesis S-2 Jurusan Fisika ITB.
- Qing-Rong, Feng, et.al., *Solid State Communication*, Vol. 78. No 7 pp 609-613, 1991, Printed in Great Britain.
- R.H Arendt, M.F Garbaskas and L.I. schilling, 1990, *Mat. Res. Soc. Proc.* 169, 397.
- Shan Yu, Yuichi Okuda, Takasu Hashimoto, Yasuta Suemune, 1994, *Effect of B_2O_3 addition on the formation of single high Tc phase in the $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_2O_x$ Superconductor*, Physica C224, 363 - 367.
- Shaoyan Chu and Michael E.Mc Henry, 1997, *Growth and Characterization of $(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_2O_x$ Single Crystals*, Departement of Material Science and Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania.
- S. I Yoo Sakai, H. Takaichi, T. Higuchi & M. Murakami, 1994, *APPL. Phys. Lett.*, 58,405.
- Strobel P, Tolendano, J. C. Morin, D. Schneck, J. Vaquier, G Monnerau, O Drimot J dan Fournier T, 1992, *Phase Diagram Of The System $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2CuO_6$ - $CaCuO_2$ Between 820° C And 1100° C*, Physica C, 201.
- T. Yasuda and S.Takano. 1991, *Jpn. J. Appl. Phys.* 30, L348.

William B. White, 1979, *Crystal Growth a Tutorial Approach*, North Holland Publishing Company, hal 17-66.

Suharta, W.G. 1997, *Pengaruh Fluks B_2O_3 Dan Beberapa Parameter Pemrosesan Pada Pembentukan Superkonduktor BPSCCO-2223*, Tesis S-2 Jurusan Fisika ITB.

Lampiran 1

PERHITUNGAN BAHAN

Berat Molekul

- $\text{Bi}_2\text{O}_3 = (208,980 \times 2) + (15,9994 \times 3)$
 $= 417,96 + 47,9982$
 $= 465,9582$

- $\text{PbO} = (207,19) + (15,9994)$
 $= 207,19 + 15,9994$
 $= 223,1894$

- $\text{SrCO}_3 = (87,62) + (12,01115) + (15,9994 \times 3)$
 $= 87,62 + 12,01115 + 47,9982$
 $= 147,62935$

- $\text{CaCO}_3 = (40,08) + (12,01115) + (15,9994 \times 3)$
 $= 40,08 + 12,01115 + 47,9982$
 $= 100,08935$

- $\text{CuO} = (65,37) + (15,9994)$
 $= 81,3694$

❖ **Berat Molekul total $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$**

- $\text{Bi} = \text{BM}(\text{Bi}_2\text{O}_3) \times 0,5 \times 1,9 = 465,9582 \times 0,5 \times 2 = 465,9582$

- $\text{Pb} = \text{BM}(\text{PbO}) \times 1 \times 0 = 0$

- $\text{Sr} = \text{BM}(\text{SrCO}_3) \times 1 \times 2 = 147,62935 \times 1 \times 2 = 295,2587$

- $\text{Ca} = \text{BM}(\text{CaCO}_3) \times 1 \times 2 = 100,08935 \times 1 \times 2 = 200,1787$
 - $\text{Cu} = \text{BM}(\text{CuO}) \times 1 \times 2 = 81,3694 \times 1 \times 3 = \underline{244,1082}$
- Berat Molekul Total 1203,5038

Dalam setiap sampel 1 gram maka mol total = $\frac{1}{1203,5038} = 0,000829$

Judi bahan yang diperlukan untuk 5 gr superkonduktor sistem

- untuk 1 gr Bi = $(0,000829) \times (465,9582) = 0,386279$
 untuk 5 gr Bi = $5 \times 0,386279 = 1,93$
- untuk 1 gr Pb = $(0,000830) \times (0) = 0$
 untuk 5 gr Pb = $5 \times 0 = 0$
- untuk 1 gr Sr = $(0,000830) \times (295,2587) = 0,244769$
 untuk 5 gr Sr = $5 \times 0,244769 = 1,22$
- untuk 1 gr Ca = $(0,000830) \times (200,1787) = 0,166948$
 untuk 5 gr Ca = $5 \times 0,166948 = 0,83$
- untuk 1 gr Cu = $(0,000830) \times (244,1082) = 0,202366$
 untuk 5 gr Cu = $5 \times 0,202366 = 1,01$

❖ **Berat Molekul total $\text{Bi}_2\text{Pb}_{0,1}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$**

- $\text{Bi} = \text{BM}(\text{Bi}_2\text{O}_3) \times 0,5 \times 1,9 = 465,9582 \times 0,5 \times 1,9 = 442,66029$
- $\text{Pb} = \text{BM}(\text{PbO}) \times 1 \times 0,1 = 223,1894 \times 1 \times 0,1 = 22,31894$
- $\text{Sr} = \text{BM}(\text{SrCO}_3) \times 1 \times 2 = 147,62935 \times 1 \times 2 = 295,2587$
- $\text{Ca} = \text{BM}(\text{CaCO}_3) \times 1 \times 2 = 100,08935 \times 1 \times 2 = 200,1787$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Cu} &= \text{BM}(\text{CuO}) \times 1 \times 2 = 81,3694 \times 1 \times 2 = \underline{162,7388} \\ &\text{Berat Molekul Total} \quad 1204,52483 \end{aligned}$$

$$\text{Dalam setiap sampel 1 gram maka mol total} = \frac{1}{1204,52483} = 0,000830$$

Jadi bahan yang diperlukan untuk 5 gr superkonduktor sistem

$$\bullet \text{ untuk 1 gr Bi} = (0,000830) \times (442,66029) = 0,3674$$

$$\text{untuk 5 gr Bi} = 5 \times 0,3674 = 1,84$$

$$\bullet \text{ untuk 1 gr Pb} = (0,000830) \times (22,31894) = 0,0185$$

$$\text{untuk 5 gr Pb} = 5 \times 0,0185 = 0,09$$

$$\bullet \text{ untuk 1 gr Sr} = (0,000830) \times (295,2587) = 0,24506$$

$$\text{untuk 5 gr Sr} = 5 \times 0,24506 = 1,23$$

$$\bullet \text{ untuk 1 gr Ca} = (0,000830) \times (200,1787) = 0,166148$$

$$\text{untuk 5 gr Ca} = 5 \times 0,166148 = 0,83$$

$$\bullet \text{ untuk 1 gr Cu} = (0,000830) \times (244,1082) = 0,2026$$

$$\text{untuk 5 gr Cu} = 5 \times 0,2026 = 1,013$$

❖ **Berat Molekul total $\text{Bi}_2\text{Pb}_{0,15}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$**

$$\bullet \text{ Bi} = \text{BM}(\text{Bi}_2\text{O}_3) \times 0,5 \times 1,85 = 465,9582 \times 0,5 \times 1,85 = 431,01134$$

$$\bullet \text{ Pb} = \text{BM}(\text{PbO}) \times 1 \times 0,1 = 223,1894 \times 1 \times 0,15 = 33,47841$$

$$\bullet \text{ Sr} = \text{BM}(\text{SrCO}_3) \times 1 \times 2 = 147,62935 \times 1 \times 2 = 295,2587$$

$$\bullet \text{ Ca} = \text{BM}(\text{CaCO}_3) \times 1 \times 2 = 100,08935 \times 1 \times 2 = 200,1787$$

$$\begin{array}{rcl} \bullet \text{ Cu} & = \text{BM}(\text{CuO}) \times 1 \times 2 & = 81,3694 \times 1 \times 3 & = \underline{244,1082} \\ & & \text{Berat Molekul Total} & 1204,03535 \end{array}$$

Dalam setiap sampel 1 gram maka mol total = $\frac{1}{1204,03535} = 0,00083$

Jadi bahan yang diperlukan untuk 5 gr superkonduktor sistem

- untuk 1 gr Bi = $(0,00083) \times (431,01134) = 0,35773$
 untuk 5 gr Bi = $5 \times 0,35773 = 1,79$
- untuk 1 gr Pb = $(0,000830) \times (33,47841) = 0,0278$
 untuk 5 gr Pb = $5 \times 0,0278 = 0,14$
- untuk 1 gr Sr = $(0,000830) \times (295,2587) = 0,24506$
 untuk 5 gr Sr = $5 \times 0,24506 = 1,23$
- untuk 1 gr Ca = $(0,000830) \times (206,1787) = 0,166148$
 untuk 5 gr Ca = $5 \times 0,166148 = 0,83$
- untuk 1 gr Cu = $(0,000830) \times (244,1082) = 0,2026$
 untuk 5 gr Cu = $5 \times 0,2026 = 1,013$

Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel Pb,

V (Volt)	T (K)	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
0,0000	99,5	0,00000
0,0000	100,0	0,00000
0,0000	100,5	0,00000
0,0000	101,0	0,00000
0,0029	101,5	0,00012
0,0107	102,0	0,00046
0,0215	102,5	0,00092
0,0406	103,0	0,00174
0,0573	103,5	0,00245
0,0702	104,0	0,00300
0,0885	104,5	0,00379
0,1084	105,0	0,00464
0,1253	105,5	0,00536
0,1375	106,0	0,00589
0,1489	106,5	0,00637
0,1555	107,0	0,00666
0,1594	107,5	0,00682
0,1612	108,0	0,00690
0,1627	108,5	0,00696
0,1653	109,0	0,00707
0,1681	109,5	0,00719
0,1725	110,0	0,00738
0,1756	110,5	0,00752
0,1771	111,0	0,00758
0,1783	111,5	0,00763
0,1801	112,0	0,00771
0,1812	112,5	0,00776
0,1826	113,0	0,00782
0,1841	113,5	0,00788
0,1847	114,0	0,00791
0,1893	114,5	0,00810
0,1907	115,0	0,00816
0,1914	115,5	0,00819
0,1936	116,0	0,00829
0,1938	116,5	0,00829
0,1950	117,0	0,00835
0,1981	117,5	0,00848
0,1975	118,0	0,00845
0,1980	118,5	0,00847
0,1991	119,0	0,00852
0,2012	119,5	0,00861
0,2008	120,0	0,00859
0,2012	120,5	0,00861
0,2033	121,0	0,00870

0,2046	121,5	0,00876
0,2068	122,0	0,00885
0,2077	122,5	0,00889
0,2118	123,0	0,00907
0,2142	123,5	0,00917
0,2161	124,0	0,00925
0,2169	124,5	0,00928
0,2185	125,0	0,00935
0,2201	125,5	0,00942
0,2232	126,0	0,00955
0,2228	126,5	0,00954
0,2225	127,0	0,00952
0,2243	127,5	0,00960
0,2275	128,0	0,00974
0,2305	128,5	0,00987
0,2324	129,0	0,00995
0,2345	129,5	0,01004
0,2367	130,0	0,01013
0,2367	130,5	0,01013
0,2381	131,0	0,01019
0,2405	131,5	0,01029
0,2416	132,0	0,01034
0,2434	132,5	0,01042
0,2452	133,0	0,01049
0,2468	133,5	0,01056
0,2489	134,0	0,01065
0,2501	134,5	0,01070
0,2510	135,0	0,01074
0,2501	135,5	0,01070
0,2522	136,0	0,01079
0,2540	136,5	0,01087
0,2563	137,0	0,01097
0,2561	137,5	0,01096
0,2610	138,0	0,01117
0,2614	138,5	0,01119
0,2632	139,0	0,01126
0,2644	139,5	0,01132
0,2659	140,0	0,01138

Catatan :

Panjang (p) = 0,72 cm

Tebal (l) = 0,295 cm

Jarak elektrode (d) = 0,2 cm

Lampiran 3

Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel $Pb_{0,1}$

V (Volt)	T (K)	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
0,0000	103,0	0,00000
0,0000	103,5	0,00000
0,0000	104,0	0,00000
0,0000	104,5	0,00000
0,0000	105,0	0,00000
0,0010	105,5	0,00004
0,0187	106,0	0,00080
0,0612	106,5	0,00261
0,1058	107,0	0,00451
0,1441	107,5	0,00614
0,1875	108,0	0,00799
0,2168	108,5	0,00924
0,2372	109,0	0,01010
0,2386	109,5	0,01016
0,2395	110,0	0,01020
0,2401	110,5	0,01023
0,2433	111,0	0,01036
0,2465	111,5	0,01050
0,2499	112,0	0,01065
0,2514	112,5	0,01071
0,2540	113,0	0,01082
0,2581	113,5	0,01100
0,2588	114,0	0,01102
0,2593	114,5	0,01105
0,2624	115,0	0,01118
0,2630	115,5	0,01120
0,2635	116,0	0,01123
0,2657	116,5	0,01132
0,2671	117,0	0,01138
0,2680	117,5	0,01142
0,2712	118,0	0,01155
0,2724	118,5	0,01160
0,2743	119,0	0,01169
0,2779	119,5	0,01184
0,2805	120,0	0,01195
0,2829	120,5	0,01205
0,2830	121,0	0,01206
0,2837	121,5	0,01209
0,2851	122,0	0,01215
0,2886	122,5	0,01229
0,2901	123,0	0,01236

0,2926	123,5	0,01246
0,2937	124,0	0,01251
0,2959	124,5	0,01261
0,2967	125,0	0,01264
0,2979	125,5	0,01269
0,2996	126,0	0,01276
0,3015	126,5	0,01284
0,3024	127,0	0,01288
0,3057	127,5	0,01302
0,3071	128,0	0,01308
0,3089	128,5	0,01316
0,3105	129,0	0,01323
0,3112	129,5	0,01326
0,3138	130,0	0,01337
0,3163	130,5	0,01347
0,3188	131,0	0,01358
0,3229	131,5	0,01376
0,3245	132,0	0,01382
0,3261	132,5	0,01389
0,3277	133,0	0,01396
0,3291	133,5	0,01402
0,3320	134,0	0,01414
0,3347	134,5	0,01426
0,3366	135,0	0,01434
0,3383	135,5	0,01441
0,3427	136,0	0,01460
0,3453	136,5	0,01471
0,3464	137,0	0,01476
0,3497	137,5	0,01490
0,3509	138,0	0,01495
0,3521	138,5	0,01500
0,3547	139,0	0,01511
0,3563	139,5	0,01518
0,3585	140,0	0,01527

Catatan :

Panjang (p) = 0,71 cmTebal (l) = 0,30 cmJarak elektrode (d) = 0,2 cm

Lampiran 4

Hasil Pengukuran Resistivitas (ρ) untuk sampel $Pb_{0.15}$

V (Volt)	T (K)	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
0,0000	102,0	0,00000
0,0000	102,5	0,00000
0,0000	103,0	0,00000
0,0000	103,5	0,00000
0,0082	104,0	0,00040
0,0256	104,5	0,00123
0,0505	105,0	0,00243
0,0825	105,5	0,00397
0,1027	106,0	0,00495
0,1187	106,5	0,00572
0,1359	107,0	0,00655
0,1494	107,5	0,00720
0,1582	108,0	0,00762
0,1632	108,5	0,00786
0,1676	109,0	0,00807
0,1684	109,5	0,00811
0,1705	110,0	0,00821
0,1739	110,5	0,00838
0,1756	111,0	0,00846
0,1777	111,5	0,00856
0,1785	112,0	0,00860
0,1801	112,5	0,00868
0,1816	113,0	0,00875
0,1838	113,5	0,00886
0,1871	114,0	0,00901
0,1884	114,5	0,00908
0,1890	115,0	0,00911
0,1907	115,5	0,00919
0,1928	116,0	0,00929
0,1952	116,5	0,00940
0,1973	117,0	0,00951
0,1985	117,5	0,00956
0,2008	118,0	0,00967
0,2031	118,5	0,00979
0,2046	119,0	0,00986
0,2063	119,5	0,00994
0,2085	120,0	0,01005
0,2111	120,5	0,01017
0,2135	121,0	0,01029
0,2142	121,5	0,01032
0,2153	122,0	0,01037
0,2182	122,5	0,01051
0,2205	123,0	0,01062

0,2216	123,5	0,01068
0,2247	124,0	0,01083
0,2263	124,5	0,01090
0,2289	125,0	0,01103
0,2325	125,5	0,01120
0,2325	126,0	0,01120
0,2331	126,5	0,01123
0,2372	127,0	0,01143
0,2396	127,5	0,01154
0,2417	128,0	0,01165
0,2417	128,5	0,01165
0,2454	129,0	0,01182
0,2487	129,5	0,01198
0,2505	130,0	0,01207
0,2505	130,5	0,01207
0,2529	131,0	0,01218
0,2543	131,5	0,01225
0,2558	132,0	0,01232
0,2567	132,5	0,01237
0,2583	133,0	0,01244
0,2615	133,5	0,01260
0,2627	134,0	0,01266
0,2635	134,5	0,01270
0,2651	135,0	0,01277
0,2679	135,5	0,01291
0,2692	136,0	0,01297
0,2711	136,5	0,01306
0,2711	137,0	0,01306
0,2741	137,5	0,01321
0,2752	138,0	0,01326
0,2821	138,5	0,01359
0,2829	139,0	0,01363
0,2833	139,5	0,01365
0,2859	140,0	0,01377
0,2866	140,5	0,01381

Catatan :

Panjang (p) = 0,73 cmTebal (t) = 0,33 cmJarak elektrode (d) = 0,2 cm



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

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

Nama : Rieke Kartika Yuniarti
NIM : 991810201025
Jurusan/PS : Fisika
Semester : XI

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan penelitian/percobaan, tentang Sifat Superkonduktivitas Bahan Kristal Bi/Pb-2223

Bertempat :

Laboratorium Fisika Superkonduktor Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.
Dimulai tanggal 04 Februari 2004 s/d 12 Oktober 2004

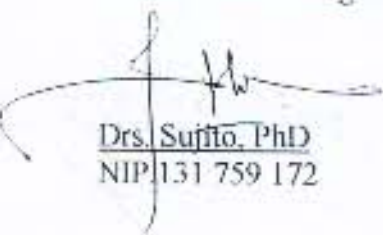
Surat keterangan ini dibuat sebagai persyaratan pengajuan permohonan ujian Tugas Akhir/Skripsi.

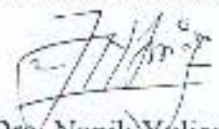
Demikian untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 05 November 2004

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota


Drs. Sujito, PhD
NIP. 131 759 172


Dra. Nanik Yulianti, Msi
NIP. 132 162 508