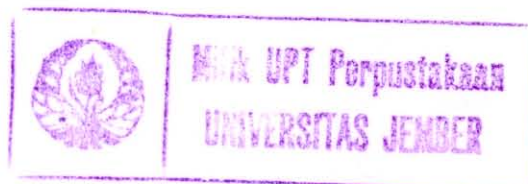
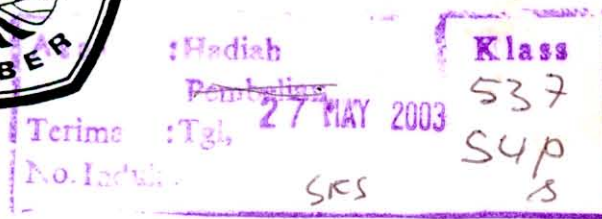


SINTESA DAN KARAKTERISASI KELISTRIKAN BAHAN  
KERAMIK  $N_{d_{1-x}} Y_x B_{a_2} C_{u_3} O_{7-8}$  SUPERKONDUKTOR

**SKRIPSI**



Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Sains  
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember



Oleh :

**SUPRIYONO**

NIM. 971810201081

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2003**

## MOTTO

*"Bahkan deskripsi dengan bahasa orang awam ini merupakan salah satu ukuran tingkat pemahaman yang telah dicapai seorang fisikawan"*

(WERNER HEISENBREG)

*"Bila Anda - sesudah lama bergelut- tidak dapat menceritakan tentang apa yang tengah Anda lakukan pada orang lain, maka pekerjaan anda hanya akan sis-sia belaka"*

(ERWIN SCHRÖDINGER)

## PERSEMBAHAN

- *Yang terhormat dan terkasih Bopo dan ibunda*
- *Yang terhormat Guruku dan Almamaterku*
- *Yang tersayang kakakku*
- *Yang tersayang dan tercinta Ritaku*

## DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil kerja / penelitian mulai Bulan Maret 2000 sampai dengan Maret 2003 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, 13 Maret 2003

Supriyono



## ABSTRAK

**Sintesa Dan Karakterisasi Kelistrikan Bahan Keramik  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  Superkonduktor**, Supriyono, 971810201081, Skripsi, Bulan Maret, Tahun 2003, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesa dan karakterisasi bahan keramik  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  ( $x = 0; 0,25; 0,50; 0,75$ ) superkonduktor. Sintesa bahan dilakukan dengan stoikiometri reaksi padatan bahan  $Nd_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $CuO$  melalui proses kalsinasi dan sintering. Sedangkan karakterisasinya meliputi analisa permukaan bahan menggunakan mikroskop optik. Sementara itu pengukuran rapat arus kritis ( $J_c$ ), bahan dilakukan melalui pengukuran kurva arus-tegangan (I-V), menggunakan metode empat titik (*four-point-probe*). Sampel bahan dibuat dalam bentuk pelat dengan dimensi, panjang  $\pm 7$  mm, lebar  $\pm 1,5$  mm, tebal  $\pm 0,5$  mm dan jarak antar probe  $\pm 1,5$  mm. Rapat arus kritis terendah dicapai oleh sampel  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  ( $x = 0,75$ ), sebesar  $3,33 \cdot 10^4$  A/m<sup>2</sup> sedangkan rapat arus kritis tertinggi dicapai oleh sampel  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  ( $x = 0$ ) sebesar  $6,07 \cdot 10^4$  A/m<sup>2</sup>. Hasil pengukuran rapat arus kritis,  $J_c$ , bahan menunjukkan, semakin besar substitusi atom Y pada bahan NdBCO semakin kecil harga rapat arus kritis,  $J_c$ , bahan tersebut. Ini disebabkan karena jari-jari ion  $Y^{3+}$  lebih kecil daripada ion  $Nd^{3+}$  sehingga dengan bertambahnya ion  $Y^{3+}$  memperbesar porositas bahan.

*Kata kunci: sintesa bahan superkonduktor, analisa permukaan bahan, rapat arus kritis ( $J_c$ ),*

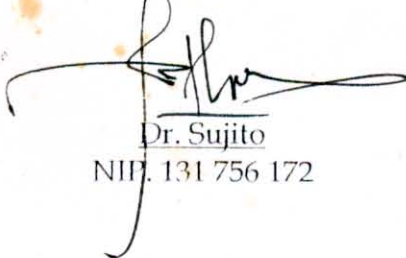
## HALAMAN PENGESAHAN

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

Hari : **SABTU**  
Tanggal : **24 MAY 2003**  
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua



Dr. Sujito  
NIP. 131 756 172

Sekretaris



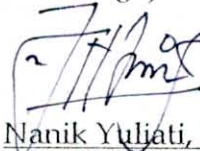
Prantasi H. Tj. SSi, MSi  
NIP. 132 085 973

Penguji I



Sri Handono B.P, MSi  
NIP. 131 467 895


Penguji II



Nanik Yuljati, MSi  
NIP. 132 162 508

Mengesahkan  
Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Jember



  
(Ir. Sunardi, MS)  
NIP. 130 368 784

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillah Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala berkah dan rahmat-Nya, sehingga penyusunan Karya Tulis Ilmiah (skripsi) ini dapat diselesaikan. Skripsi ini dengan judul:

**“Sintesa Dan Karakterisasi Kelistrikan Bahan Keramik  
 $Nd_{1-x}Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  Superkonduktor”**

Dengan selesainya skripsi ini, maka dengan tulus pula penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Dr. Sujito sebagai dosen pembimbing utama (DPU) yang dengan penuh kesabaran telah membimbing penulis mulai dari menentukan topik sampai terbentuknya Karya Tulis Ilmiah ini;
2. Prantasi, MSi, sebagai pembimbing anggota (DPA) yang telah membimbing dalam penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini;
3. Almh Susi Wijaya, MSi, Edy Supriyanto, MSi, Agus Supriyanto, MT, Artoto Arkundato, MSi, Dr. Agus Subekti, MSc, Nanik Yuliati, MSi, yang telah membantu dalam penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini;
4. Pada semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan dorongan pada penulis selama proses penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa Karya Tulis Ilmiah ini masih ada kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik agar menjadi pedoman bahan pemikiran yang akan datang.

Jember, 13 Maret 2003

Supriyono



## 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 TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR GRAFIK .....	xii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat .....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Superkonduktivitas Bahan .....	4
2.2 Perkembangan Bahan Superkonduktor .....	4
2.3 Karakteristik Bahan superkonduktor .....	7
2.3.1 Suhu kritis .....	7
2.3.2 Rapat arus kritis .....	9

2.3.3 Medan kritis.....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sintesa Bahan.....	14
3.2 Karakterisasi Bahan.....	17
3.2.1 Uji kualitas.....	17
3.2.2 Pengukuran rapat arus kritis.....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil.....	19
4.1.1 Bahan $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superkonduktor hasil sintesis.....	19
4.1.2 Mikroskop Optik.....	20
4.1.3 Pengukuran karakteristik I-V bahan $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superkonduktor hasil sintesis.....	22
4.2 Pembahasan.....	20
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
<b>LAMPIRAN</b> .....	39



## DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

2.1	Beberapa bahan superkonduktor oksida dengan harga temperatur kritisnya .....	7
4.1	Rapat arus kritis, $J_c$ untuk masing-masing sampel .....	32

## DAFTAR GAMBAR

No	Judul Gambar	Halaman
2.1	Grafik hubungan antara $\rho$ dan $T$ pada superkonduktor	9
2.2	Fenomena Efek Meissner pada bahan superkonduktor	10
2.3	Kurva medan magnet, $H$ , dan Suhu, $T$ , pada bahan superkonduktor tipe I dan tipe II.	12
2.4	Magnetisasi, $M$ dan medan luar, $H$ pada superkonduktor tipe II.	13
3.3	Skema pengukuran rapat arus kritis, $J_c$	18
4.1	Alat pengepresan untuk sintesa bahan $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superkonduktor	19
4.2a	Foto struktur mikro bahan bulk $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ keramik superkonduktor $x = 0$ , perbesaran 400 kali	20
4.2b	Foto struktur mikro bahan bulk $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ keramik superkonduktor dengan, $x = 0,25$ , perbesaran 400 kali	21
4.2c	Foto struktur mikro bahan bulk $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ keramik superkonduktor dengan $x = 0,50$ , perbesaran 400 kali	21
4.2d	Foto struktur mikro bahan bulk $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ keramik superkonduktor dengan $x = 0,75$ perbesaran 400 kali	22
4.3	Rangkaian peralatan pengukuran karakteristik I-V.	23

## DAFTAR GRAFIK

No	Judul Grafik	Halaman
4.4	Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair). (a). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0$ ); (b). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0,25$ ).	25
4.4	Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair). (c). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0.50$ ); (d). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0,75$ ).	26
4.5	Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair), bersifat konduktor/metal. (a). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0$ ); (b). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0,25$ )	30
4.5	Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair), bersifat konduktor/metal. (c). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0.50$ ); (d). bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ ( $x = 0,75$ )	31
4.6	Grafik hasil plot $I_c$ dengan besarnya harga x	32

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sejak ditemukannya bahan superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (senyawa 123 diberi singkatan YBCO) yang mempunyai suhu kritis,  $T_c$  di atas nitrogen cair pada tahun 1987 oleh prof. Chu dan Wu [1], banyak penelitian yang telah dilakukan oleh fisikawan maupun ahli ilmu bahan untuk mengetahui fenomena yang terjadi di dalam bahan superkonduktor tersebut ataupun untuk mendapatkan bahan baru yang mempunyai  $T_c$  lebih tinggi.

Di samping itu beberapa usaha juga telah dilakukan seperti misalnya penambahan atau pengotor perak (Ag) [2,3,4], penambahan  $\text{Ag}_2\text{O}$  [5,6], terhadap bahan keramik  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor, yang kesemuanya bertujuan untuk meningkatkan kualitas kelistrikan, mekanik maupun elektronik bahan.

Hasil suatu penelitian dilaporkan bahwa, YBCO pada temperatur kritis,  $T_c$  sebesar 87 K dengan nilai rapat arus kritis,  $J_c$  sebesar  $3,98 \times 10^2 \text{ A/m}^2$  dan YBCO/ ( $(\text{Ag}_2\text{O})_{0\%}$ ) dengan temperatur kritis sebesar 92 K dengan nilai rapat arus kritis sebesar  $7,66 \times 10^2 \text{ A/m}^2$  [7].

Selain itu suatu hasil penelitian juga telah dilaporkan bahwa dengan mengganti elemen Y dengan Nd terhadap YBCO diperoleh bahwa keramik NdBCO superkonduktor yang mempunyai medan kritis lebih tinggi daripada medan kritis bahan keramik YBCO [8-10]. Diketahui juga bahwa sifat-sifat  $J_c$ -B dari bahan keramik Nd-Ba-Cu-O superkonduktor dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan [10]. Telah dilaporkan juga bahwa suhu-suhu pertumbuhan yang tinggi menyebabkan medan kritis yang tinggi dengan nilai rapat arus kritis,  $J_c$  rendah sedangkan pada suhu pertumbuhan yang





lebih rendah akan menghasilkan medan kritis yang rendah diikuti oleh nilai-nilai  $J_c$  yang relatif besar pada suatu wilayah medan magnet rendah [11].

Telah dilakukan sintesa dan karakterisasi bahan keramik NdBCO superkonduktor yang hasilnya menunjukkan adanya peningkatan nilai rapat arus kritis,  $J_c$  yang lebih tinggi dari pada YBCO [12].

Bertolak dari uraian di atas, maka dalam penelitian eksperimen ini akan dilakukan sintesa dan karakterisasi bahan keramik  $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7.8}$  (NdBCO) superkonduktor, ini diperoleh dengan menstutitisi Y (Yttrium) pada kuprat NdBCO yang diprediksikan mempunyai sifat lebih baik dibanding dengan YBCO.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, permasalahan pokok dalam penelitian ini adalah: Pengaruh stutitisi atom Y pada Nd untuk bahan keramik  $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7.8}$  superkonduktor terhadap rapat arus kritis bahan tersebut.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan kristal keramik  $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7.8}$  ( $x = 0; 0,25; 0,5; 0,75$ ) superkonduktor.
2. Mengkaji pengaruh stutitisi atom Y pada Nd untuk bahan keramik  $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7.8}$  superkonduktor terhadap rapat arus kritis bahan tersebut.



#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini hanya dibatasi pada:

1. Bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor ( $x = 0; 0,25; 0,50; 0,75$ ).
2. Karakterisasi bahan hasil sintesa hanya dilakukan pada analisa permukaan dan pengukuran rapat arus kritis.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam hal:

1. Pengembangan ilmu pengetahuan bahan khususnya bahan superkonduktor.
2. Menggali bahan superkonduktor yang dapat diaplikasikan dalam bidang industri dan teknologi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 SUPERKONDUKTIVITAS BAHAN

Fenomena superkonduktivitas dapat diartikan sebagai, menurunnya suatu hambatan listrik pada bahan logam bilamana didinginkan. Apabila pendinginan diteruskan, maka suatu saat diperoleh hambatan listrik (resistivity) bahan tersebut sama dengan nol [13], selain itu juga terdapat sifat diamagnetik sempurna yang dibuktikan dengan adanya efek Meissner di bawah temperatur kritis ( $T_c$ ) pada medan magnet yang lebih kecil dari medan kritis bahan ( $H_c$ ).

Fakta eksperimen menunjukkan bahwa superkonduktor di dalam medan magnet lemah akan berperilaku seperti diamagnetik sempurna, sehingga induksi magnet menunjukkan nol dibagian dalam superkonduktor [14]. Fenomena Meissner menampilkan levitasi suatu bahan magnet permanen yang diletakkan di atas bahan superkonduktor. Apabila berat dari magnet permanen tersebut tidak terlalu besar maka akibat total fluks magnet tersebut akan ditolak oleh superkonduktor, bila magnet dapat mengatasi gaya tarik bumi maka mengakibatkan magnet akan terangkat sampai batas ketinggian tertentu di atas superkonduktor.

#### 2.2 PERKEMBANGAN BAHAN SUPERKONDUKTOR

Terdapat dua tipe pada superkonduktor yaitu tipe I dan tipe II. Ciri-ciri superkonduktor tipe I adalah memiliki satu nilai medan kritis,  $H_c$ , memiliki nilai suhu kritis,  $T_c$ , yang rendah dengan nilai suhu kritis sekitar



20 K [15], dan diikuti masih kecilnya rapat arus kritis,  $J_c$ , yaitu di bawah  $10^3 \text{ A/cm}^2$  [16].

Superkonduktor tipe I yang baik yaitu dapat menolak (*excluded*) medan magnet sepenuhnya sampai superkonduktor tersebut dirusak secara tiba-tiba oleh medan magnet luar yang cukup kuat sehingga fluks medan luar dapat menembus sepenuhnya ke dalam bahan [17].

Terdapat beberapa ciri pada superkonduktor tipe II yaitu, memiliki dua medan kritis yaitu, medan kritis bawah,  $H_{c1}$  dan medan kritis atas,  $H_{c2}$  dan pada umumnya memiliki suhu kritis yang lebih tinggi dari pada tipe I [15] dan memiliki rapat arus kritis,  $J_c$  yang lebih besar dari  $10^4 \text{ A/cm}^2$  [16].

Untuk superkonduktor tipe II, antara medan kritis bawah ( $H_{c1}$ ) dan medan kritis atas ( $H_{c2}$ ) rapat fluks sudah dapat menembus bahan ( $B \neq 0$ ) dan efek meissner menunjukkan tidak sempurna [14]. Di dalam daerah antara  $H_{c1}$  dan  $H_{c2}$  rapat fluks sudah dapat ditembus oleh fluks magnet dan daerah tersebut disebut *vortex*.

Superkonduktor tipe II yang baik dapat menolak medan magnet luar sepenuhnya sampai pada batas medan kritis  $H_{c1}$ . Di atas  $H_{c1}$  medan luar ditolak sebagian tetapi bahan masih memperlihatkan sifat superkonduktivitasnya. Jauh di atas  $H_{c2}$  fluks medan luar dapat menembus seluruhnya dan superkonduktivitas bahan lenyap [17].

Diketahui juga tidak ada perbedaan pada mekanisme superkonduktor tipe I maupun tipe II. Keduanya memperlihatkan sifat termal yang sama pada keadaan transisi normal ke superkonduktor dalam medan magnet nol [14], namun demikian mempunyai fenomena efek Meissner yang sama sekali berbeda.



Superkonduktor tipe II kebanyakan terjadi pada bahan alloy (alloys) atau logam-logam transisi dengan nilai hambatan listriknya tinggi bila berada dalam keadaan normal [14].

Perkembangan superkonduktor telah mencapai temperatur kritis sebesar 23,3 K yaitu pada Nb<sub>3</sub> Ge pada tahun 1986 [18]. Pada tahun yang sama, J.G Bednorz dan K.A Muller menyelidiki superkonduktivitas bahan superkonduktor tipe II oksida logam La<sub>2-x</sub> Ba<sub>x</sub> CuO<sub>4</sub> dengan temperatur kritis di atas 40 K. Kemudian dalam waktu yang relatif singkat dalam waktu, pada akhir tahun 1987 didapatkan T<sub>c</sub> yang relatif tinggi hingga 92 K [18], yaitu pada bahan paduan YBa<sub>2</sub> Cu<sub>3</sub> O<sub>7-δ</sub>. Dengan demikian pada superkonduktor T<sub>c</sub> tinggi dapat digunakan nitrogen cair yang memiliki titik didih ≈ 77 K untuk menggantikan helium cair yang selama ini telah digunakan. Hal ini merupakan terobosan baru karena nitrogen cair juga memiliki sifat jauh lebih tahan panas [19].

Bahan superkonduktor yang berhasil ditemukan sampai saat ini terbagi menjadi elemen logam, alloy, paduan (compound), organik dan oksida.

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa bahan superkonduktor oksida dengan harga temperatur kritisnya.

Tabel 2.1 Beberapa bahan superkonduktor oksida dengan harga temperatur kritisnya.

Tahun	Jenis Bahan	T <sub>c</sub> (K)
1964	NbO	1
1964	TiO	2
1964	SrTiO <sub>3x</sub>	0,7
1965	K <sub>x</sub> WO <sub>3</sub>	6
1966	K <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub>	4
1969	K <sub>x</sub> ReO <sub>3</sub>	4
1974	LiTi <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	13
1975	Ba(PbBi)O <sub>3</sub>	13
1986	La <sub>2-x</sub> Sr <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub>	38
1986	BiCaSrCuO	85
1987	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-δ</sub>	92
1987	Bi <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	110
1988	TlCaSrCuO	125

### 2.3 KARAKTERISTIK BAHAN SUPERKONDUKTOR

Karakteristik bahan superkonduktor secara umum ditentukan oleh empat besaran fisis yaitu: temperatur kritis, gejala penolakan medan magnet oleh bahan superkonduktor, medan magnet kritis dan rapat arus kritis bahan. Keempat besaran fisis tersebut secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 2.3.1 Temperatur Kritis (T<sub>c</sub>)

Secara sederhana fenomena superkonduktivitas dapat dikatakan sebagai menurunnya hambatan listrik pada bahan logam bilamana suhunya



diturunkan sampai pada suatu kisaran suhu tertentu dan sampai diperoleh hambatan listrik pada bahan tersebut sama dengan nol. Suhu yang dicapai pada saat harga hambatan listriknya (*resistance*) sama dengan nol disebut *temperatur kritis* [20].

Dengan menggunakan model elektron bebas diperoleh pengertian resistivitas, yang dinyatakan:

$$\rho = \frac{m}{n e^2 \tau} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

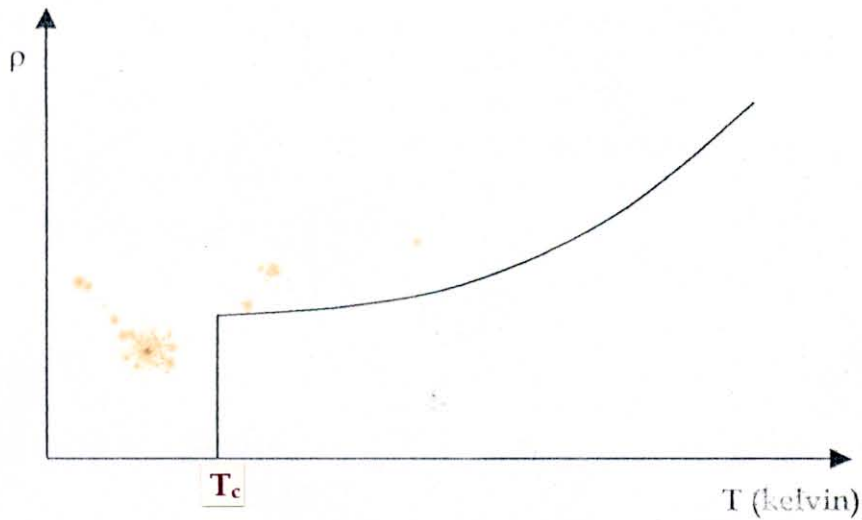
m = massa elektron

n = konsentrasi elektron

e = muatan elektron

$\tau$  = waktu tumbukan

Resistivitas semakin kecil dengan menurunnya temperatur, karena berkurangnya temperatur mengakibatkan temperatur vibrasi kisi dan hamburan elektron-elektron akan berkurang, sehingga pada suatu temperatur tertentu resistivitasnya dapat mencapai harga minimum (nol) yang disebut *temperatur kritis* [21]. Gambar 2.1 menyatakan grafik hubungan antara resistivitas,  $\rho$ , sebagai fungsi suhu, T, untuk bahan superkonduktor secara umum.



Gambar 2.1. Grafik hubungan antara  $\rho$  dengan  $T$  pada superkonduktor [26].

### 2.3.2 Rapat Arus Kritis

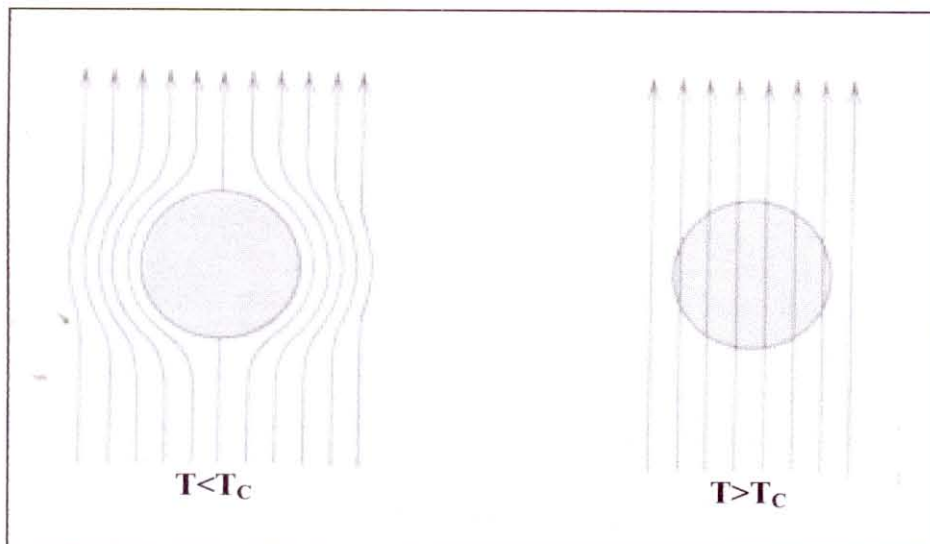
Parameter kuantitatif untuk superkonduktor selain suhu kritis adalah rapat arus kritis. Dengan mengukur rapat arus kritis ( $J_c$ ) bahan tanpa pengaruh medan magnet maka kita dapat mengetahui pada rapat arus kritis berapa bahan superkonduktor mulai kehilangan sifat superkonduktivitasnya. Harga rapat arus kritis yang tinggi dapat diperoleh pada bahan superkonduktor dengan tingkat kemurnian fase yang tinggi yang memiliki tekstur bahan yang tinggi pula. Jika pada superkonduktor suhu tinggi ditemukan  $J_c$  yang rendah dalam orde  $\sim 10^2$  A  $\text{cm}^{-2}$ , hal ini disebabkan antara lain oleh ukuran butiran (*grain*) [22], karena pada bahan superkonduktor tersusun oleh kumpulan grain.

Permasalahan rapat arus kritis pada bahan keramik superkonduktor banyak dipengaruhi oleh masalah butiran (*granularitas*) seperti: rapat massa,

penjajaran grain dan kemurnian fase [23]. Parameter rapat massa merupakan besaran makroskopis yang dikaitkan dengan porositas bahan. Adanya porositas bahan dapat menyebabkan penurunan rapat massa bahan. Superkonduktor yang didasarkan pada sistem YBCO diketahui memiliki rapat arus kritis kecil, bila medan magnet ditiadakan [24].

### 2.3.3 Meissner dan Ochsenfeld Efek

Efek Meissner dikemukakan pertama kali oleh Meissner dan Ochsenfeld pada tahun 1933, yaitu bila superkonduktor didinginkan di bawah temperatur transisi dan berada dalam pengaruh medan magnet, maka fluks medan magnet,  $B$ , akan ditolak ke luar dari bahan superkonduktor bulk berperilaku seolah-olah  $B = 0$  di dalam bahan. Fenomena ini secara umum dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 2.2. Fenomena Efek Meissner pada bahan superkonduktor [14].

Medan magnet internal dapat lenyap dalam bahan superkonduktor disebabkan karena adanya "arus screen" yang melingkupi bahan sehingga menolak medan eksternal yang masuk ke dalam bahan dan medan magnet internal menjadi nol [26]. Fenomena ini dapat dilihat dari hubungan antara medan magnet,  $H$ , dan Magnetisasi,  $M$ , pada bahan superkonduktor dinyatakan sebagai berikut:

$$B = \mu_0 (H + M) = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan  $\mu_0 = 4\pi \times 10^7$

$$M = -H, \text{ dimana } \chi = \frac{\partial M}{\partial H} = -1$$

Suseptibilitas maksimum dari bahan diamagnetik ini dapat menunjukkan bahwa superkonduktor merupakan bahan diamagnetik sempurna.

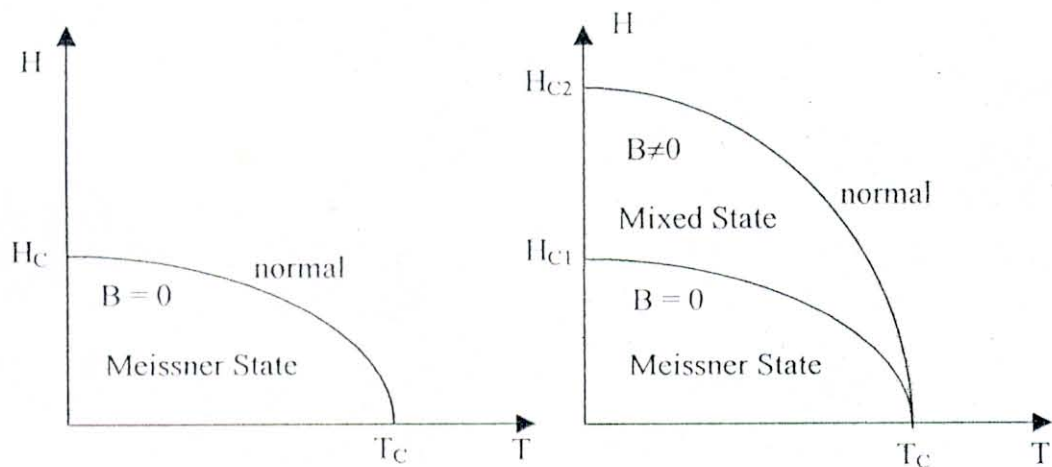
#### 2.3.4 Medan Kritis ( $H_c$ )

Medan magnet yang diperlukan untuk menghilangkan superkonduktivitas atau memulihkan resistivitas normalnya disebut *medan kritis* ( $H_c$ ) [18]. Hubungan medan magnet kritis superkonduktor terhadap suhu adalah sebagai berikut:

$$H_c(T) = H(0) \left[ 1 - \left( \frac{T}{T_c} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (2.3)$$



dengan  $H(0)$  adalah medan kritis pada  $T = 0$  K. Kurva medan magnet,  $H$ , terhadap suhu,  $T$ , pada superkonduktor secara umum dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:

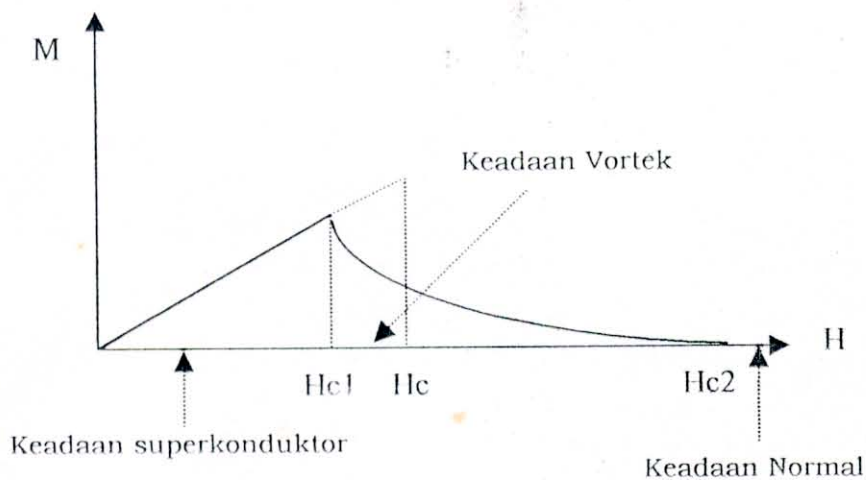


Gambar 2.3. Kurva medan magnet,  $H$ , dan Suhu,  $T$ , pada bahan superkonduktor tipe I dan tipe II. [14]

Superkonduktor  $T_c$  tinggi yang merupakan superkonduktor tipe II yang mempunyai perilaku spesifik. Perilaku ideal terlihat hingga pada medan kritis yang lebih rendah ( $H_{c1}$ ) dan berangsur-angsur berkurang hingga mencapai harga nol pada medan kritis yang ditandai dengan  $H_{c2}$  mempunyai efek Meissner yang tidak sempurna yang dikenal sebagai *vorteks*.

Gambar 2.3 menyatakan grafik hubungan antara magnetisasi,  $M$ , dengan medan magnet luar,  $H$ , pada bahan superkonduktor secara umum.





Gambar 2.4. Magnetisasi,  $M$  dan medan luar,  $H$  pada superkonduktor tipe II [12].

Keterangan :

- ◆ daerah  $0 < H_{c1} < H_c$ : saat efek meissner masih berlaku sempurna ( $B=0$ ).
- ◆ daerah  $H_{c1} < H_c < H_{c2}$ : saat fluk magnet mulai menembus superkonduktor ( $B \neq 0$ ), namun superkonduktivitas masih bertahan walaupun pada suhu kritis yang lebih tinggi.
- ◆ daerah  $H > H_{c2}$ : keadaan normal.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium. Dalam hal ini, penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Secara garis besar kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

### 3.2 SINTESA BAHAN

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa bahan kimia yang secara rinci dapat dilihat dalam tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Bahan dasar dalam pembuatan NdYBCO superkonduktor

No	Nama Bahan	Simbol	Prosentase kemurnian
1	Neodimium Oksida	$\text{Nd}_2\text{O}_3$	99,999%
2	Yttrium Oksida	$\text{Y}_2\text{O}_3$	99,999%
3	Barium Karbonat	$\text{BaCO}_3$	99,999%
4	Cooper Oksida	$\text{CuO}$	99,999%

Adapun peralatan yang digunakan adalah:

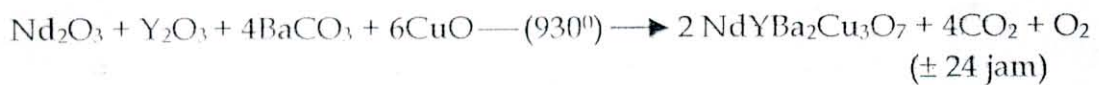
1. Pengerus mortal dan cawan keramik
2. Alat pencetak stainless steel
3. Alat penekan
4. Furnace dengan pengontrol temperatur
5. Pengukur rapat arus ( $J_c$ )



## 6. Mikroskop Optik

Metode yang digunakan untuk sintesa bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor (dimana  $x=0; 0,25; 0,5; 0,75$ ) yaitu menggunakan reaksi kimia padatan dengan proses kalsinasi dan sintering.

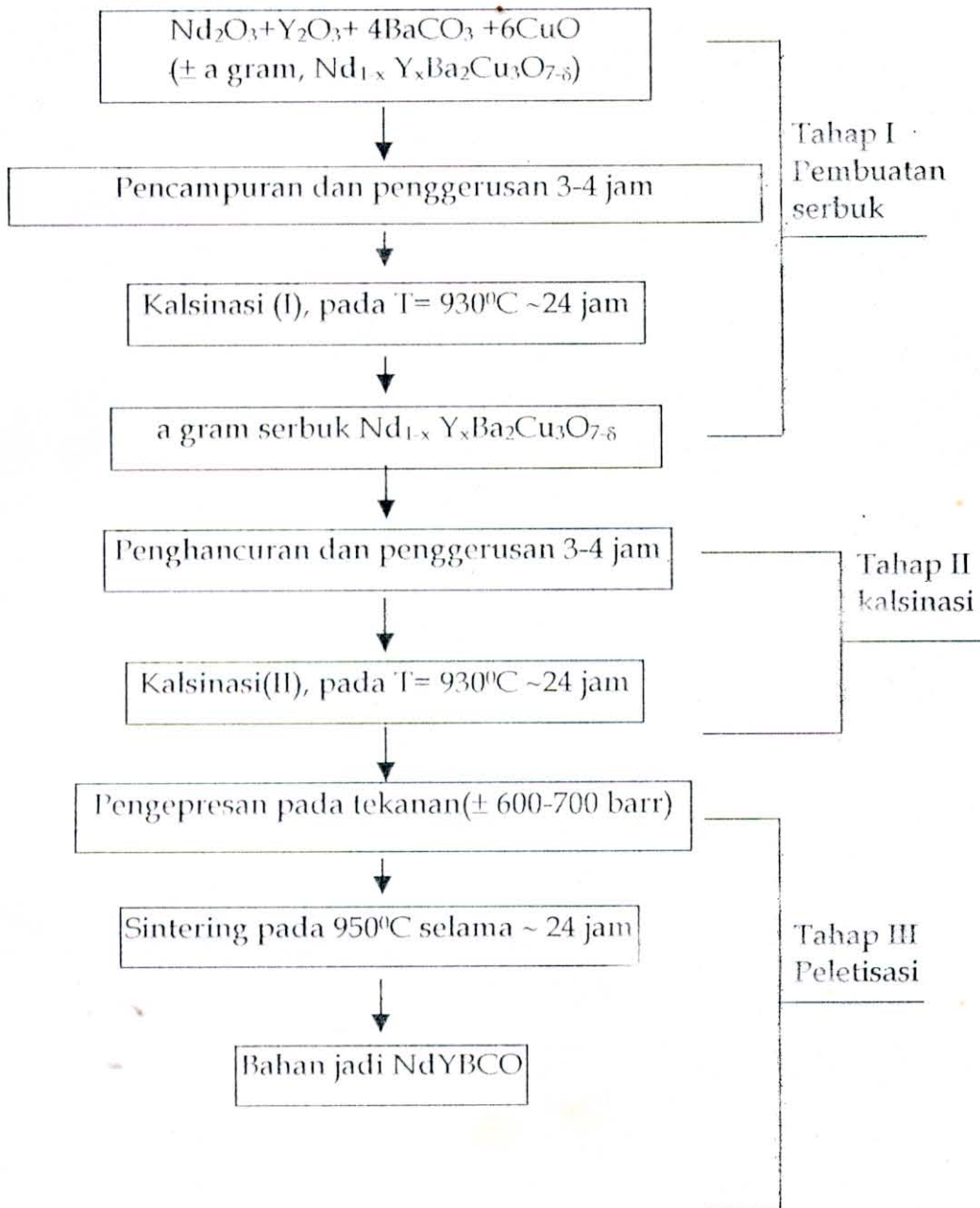
Dalam sintesa bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor ini bahan dasar yang berupa serbuk ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{CuO}$ ) dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut :



Semuanya langsung dicampur dalam cawan keramik untuk digerus selama kurang lebih 3-4 jam sampai diperoleh campuran yang homogen. Setelah penggerusan dirasa cukup lalu bahan dimasukkan dalam cetakan silinder dengan diberi tekanan sedang agar diperoleh bentuk padatan. Hasil awal ini lalu dikalsinasi pada suhu  $930^\circ\text{C}$  selama 24 jam dan akhirnya didinginkan perlahan-lahan sampai pada suhu kamar secara alami.

Serbuk yang telah dikalsinasi tersebut kemudian dihancurkan untuk digerus ulang sehingga diperoleh serbuk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor baru yang halus berwarna hitam pekat. Selanjutnya serbuk tersebut dicetak dengan tekanan  $\pm 600-700$  barr, kemudian disintering pada suhu  $950^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah itu didinginkan perlahan-lahan sampai pada suhu kamar secara alami dan diperoleh bahan bulk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor jadi.

Secara sederhana proses kerja sintesa bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor tersebut digambarkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram alir sintesa bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor



### 3.3 KARAKTERISASI BAHAN

Karakterisasi bahan hasil sintesa meliputi analisa permukaan bahan, pengukuran rapat arus kritis ( $J_c$ ). Secara garis besar masing-masing dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.3.1 Analisa Permukaan

Analisa permukaan bahan dilakukan dengan mikroskop optik, digunakan untuk melakukan pemotretan struktur mikro permukaan bahan  $Nd_{1-x}Y_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  superkonduktor, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat porositas pada bahan hasil sintesa tersebut.

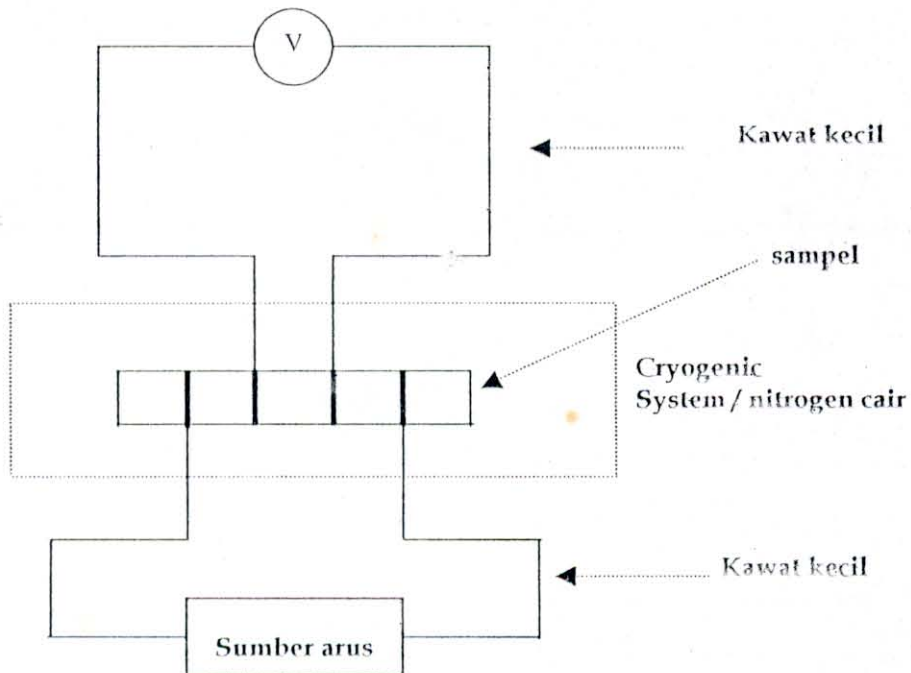
#### 3.3.2 Rapat Arus Kritis ( $J_c$ )

Pengukuran rapat arus kritis dilakukan metode "*four-point-probes*", yaitu arus dialirkan lewat dua elektroda pada bahan, kemudian secara perlahan-lahan dinaikkan harganya, secara bersamaan pula diukur beda potensial antara ujung-ujung bahan melalui dua buah elektrode lain. Elektroda-elektroda yang merupakan probe disambungkan ke sampel menggunakan kawat email dan disolder dengan pasta silver. Dalam hal ini sumber arus adalah sumber arus DC. Perhitungan  $J_c$  diperoleh dari data yang diambil dari pengukuran I dan V, kondisi sampel dimasukkan dalam nitrogen cair (suhu 77,3 K). Rapat arus kritis bahan,  $J_c$  ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$J_c = \frac{I_c}{\Lambda} \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan  $A$  : adalah luas penampang bahan.

Adapun skema pengukuran  $J_c$  pada sampel sesuai gambar 3.3.



Gambar 3.3. Skema pengukuran kurva I-V.

## BAB IV

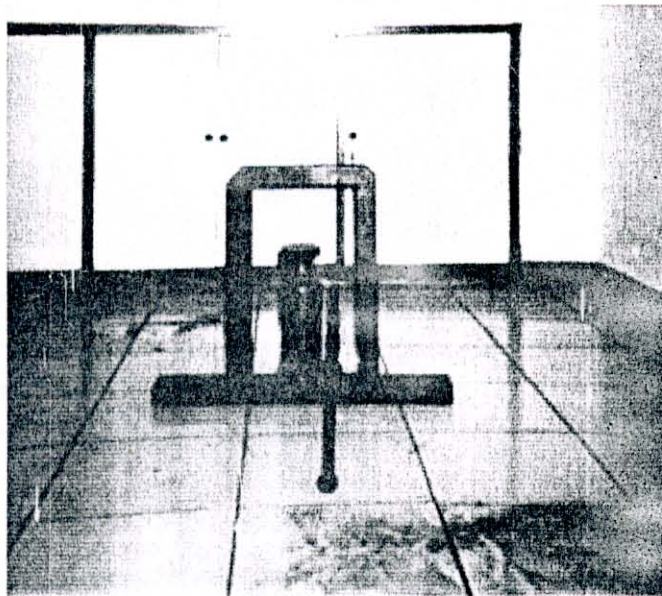
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

##### 4.1.1 Bahan $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$ superkonduktor hasil sintesis

Bahan  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  (dengan  $x = 0; 0,25; 0,5; 0,75$ ) superkonduktor yang dihasilkan dari penelitian ini merupakan bahan keramik berbentuk disk, masing-masing dengan diameter  $\pm 2$  cm dan ketebalan  $\pm 0,5$  cm. Bahan tersebut berwarna hitam pekat atau hitam arang.

Bahan tersebut dihasilkan dengan pengepresan terhadap serbuk bahan  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  dengan tekanan  $\pm 600-700$  bar. Adapun alat pengepresan seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.

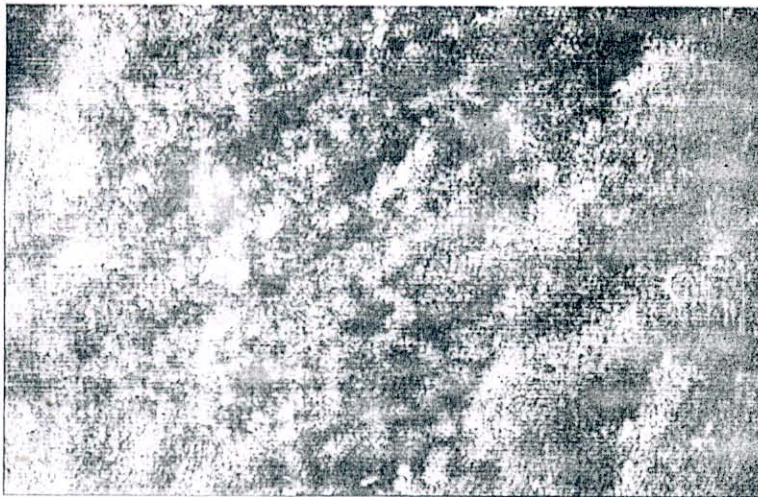


Gambar 4.1. Alat pengepresan untuk sintesa bahan keramik  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  superkonduktor



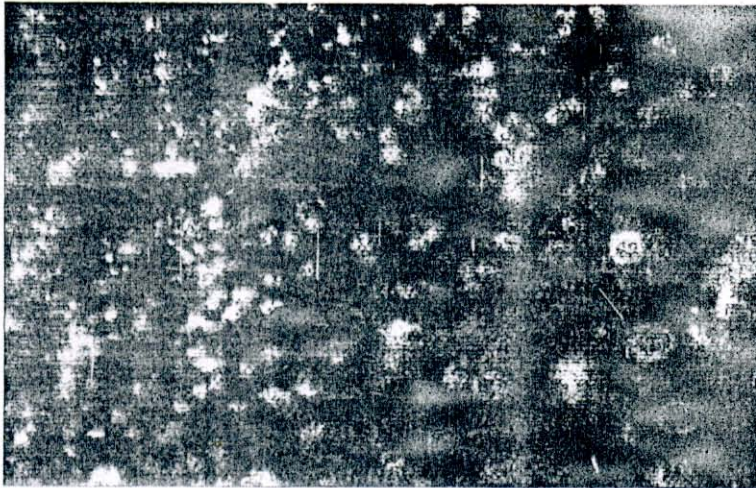
#### 4.2.1 Mikroskop Optik

Mikroskop optik (merek Panasonic Colour CCTV Camera dengan lensa okuler Motic, perbesaran 400 kali) digunakan untuk melakukan pemotretan struktur mikro permukaan bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor hasil sintesa. Adapun hasil pemotretan dengan alat tersebut ditunjukkan pada gambar 4.2a sampai 4.2d, berikut.

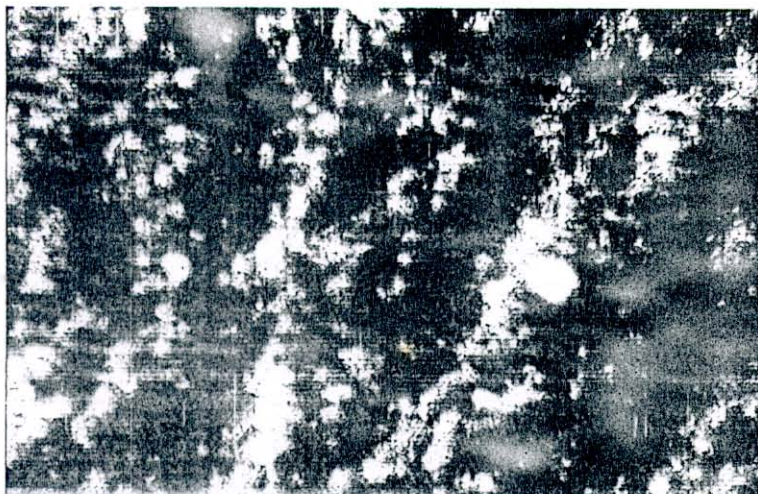


Gambar 4.2a. Foto struktur mikro bahan bulk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  keramik superkonduktor  $x = 0$ , perbesaran 400 kali

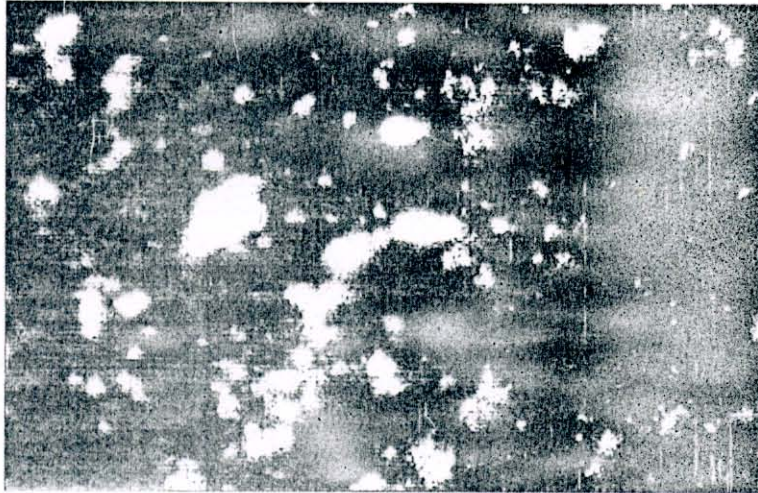




Gambar 4.2b. Foto struktur mikro bahan bulk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  keramik superkonduktor  $x = 0,25$ , perbesaran 400 kali



Gambar 4.2c. Foto struktur mikro bahan bulk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  keramik superkonduktor  $x = 0,50$ , perbesaran 400 kali

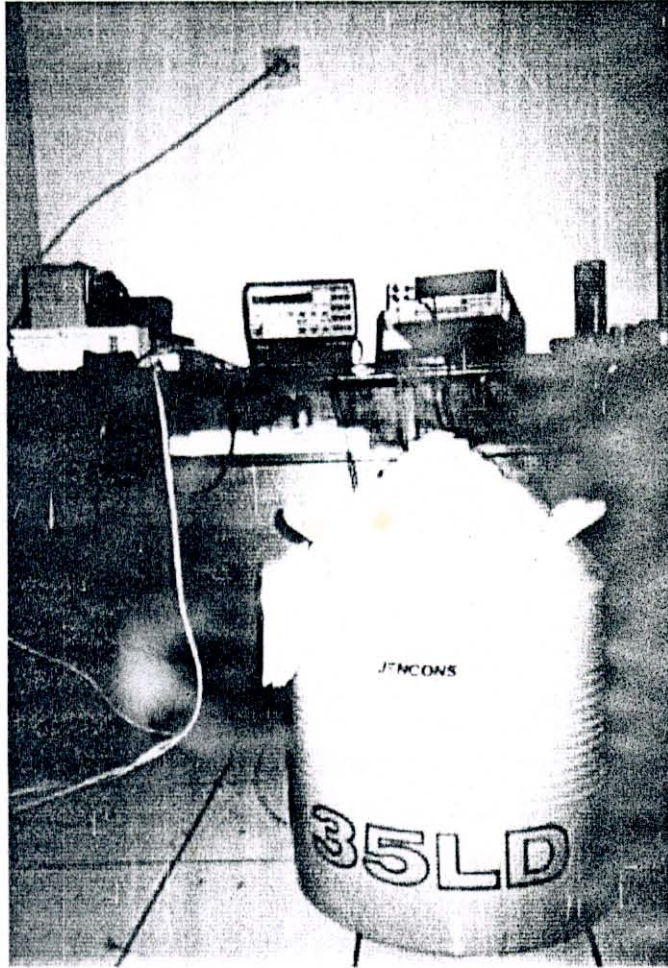


Gambar 4.2d. Foto struktur mikro bahan bulk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  keramik superkonduktor  $x=0,75$ , perbesaran 400 kali

#### 4.1.3 Pengukuran karakteristik I-V bahan keramik $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ superkonduktor hasil sintesa

Pengukuran karakteristik I-V bahan hasil sintesa pada penelitian ini dilakukan dengan metode empat titik (*four poin probe*) seperti telah diuraikan pada sub bab 3.3. Stup peralatan untuk pengukuran ditunjukkan pada gambar 4.3. Sebelum dilakukan pengukuran, bahan superkonduktor yang dihasilkan dari sintesa, dipotong bagian tengahnya. Kemudian dengan menggunakan kertas gosok, bahan dibentuk empat persegi panjang dengan dimensi, panjang  $\pm 7$  mm, tebal  $\pm 0,5$  mm dan lebar  $\pm 1,5$  mm dan jarak antar probe  $\pm 1,5$  mm

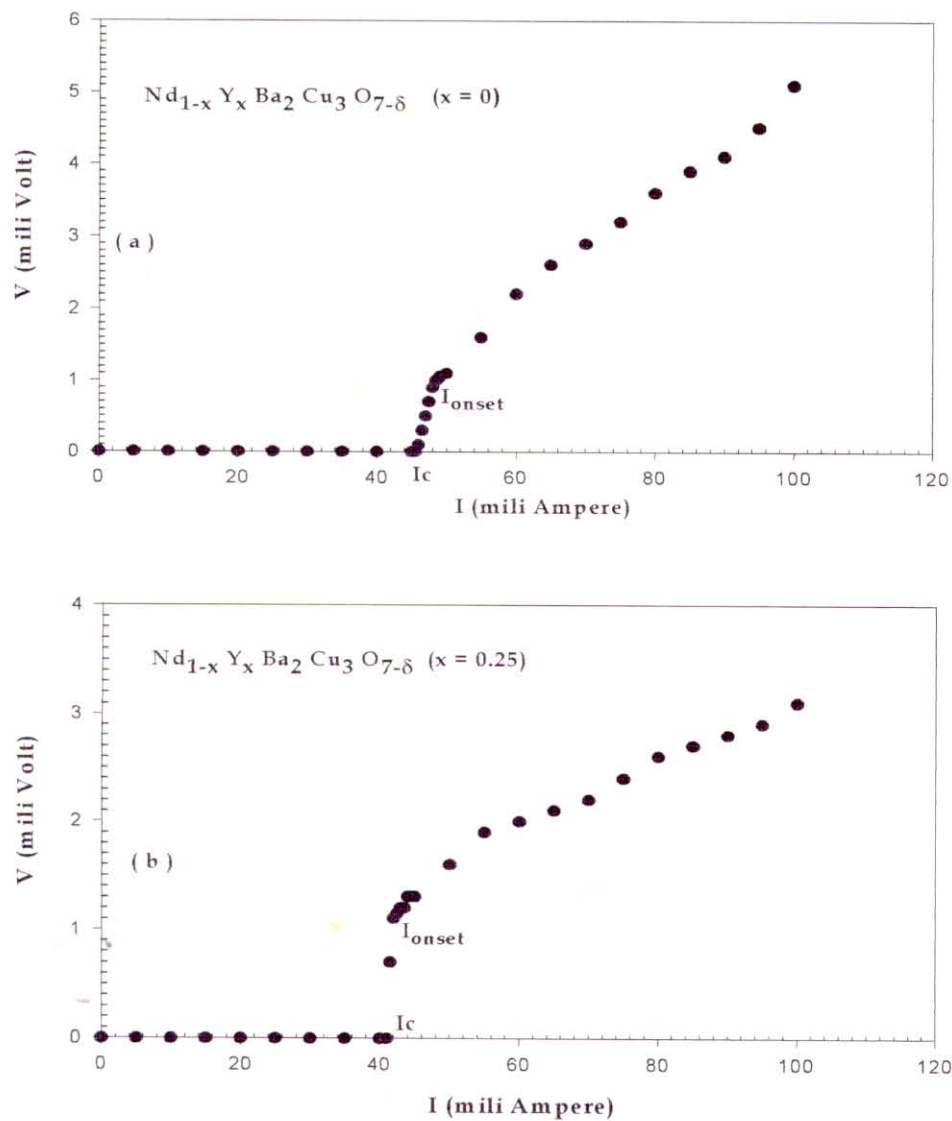




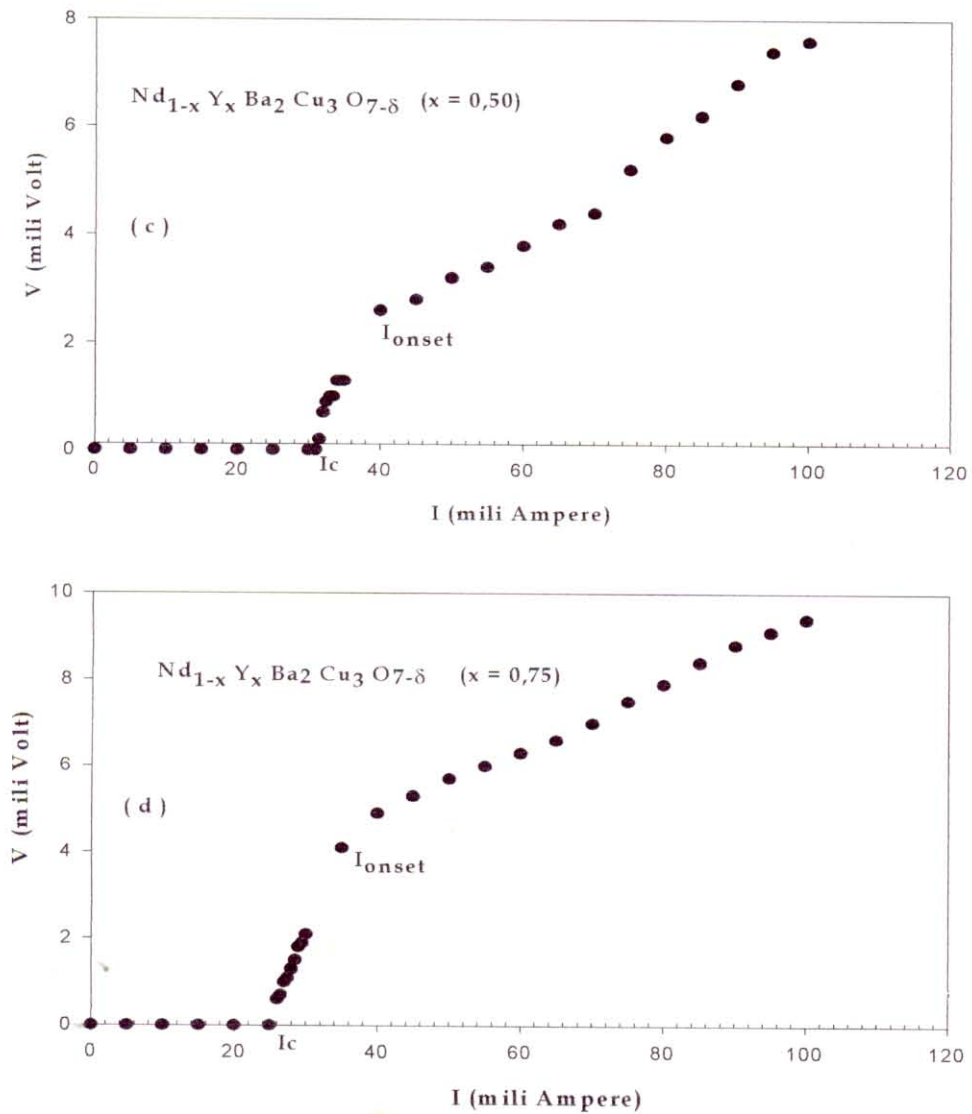
Gambar 4.3. Rangkaian peralatan pengukuran karakteristik I-V.

Pembuatan elektrode dilakukan dengan menggunakan kawat email yang dilapisi pasta silver. Kemudian dimasukkan dalam sistem kriogenik (suhu nitrogen cair  $\sim 77,3\text{K}$ ) dan kedua elektrode dialiri arus DC dan diamati teganganya melalui dua elektrode yang lain. Dalam pengukuran ini, arus listrik DC dinaikkan besarnya secara periodik kemudian penunjukan besar tegangan pada voltmeter dicatat. Hasil pengukuran I-V karakteristik bahan pada temperatur  $77,3\text{K}$  tanpa pengaruh medan magnet luar, untuk masing-masing sampel diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.4a, b,c dan d. Arus kritis ( $I_c$ ) dapat ditentukan baik pada arus kritis onset ( $I_{\text{onset}}$ ), arus kritis nol ( $I_0$ ), maupun arus kritis undak ( $I_{\text{step}}$ ). Pada penelitian ini arus kritis ( $I_c$ ) yang diambil adalah arus kritis nol.





Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair).  
 (a). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0$ ); (b). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,25$ )



Gambar 4.4. Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu  $77,3\text{K}$  (suhu nitrogen cair).  
 (c). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,50$ ); (d). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,75$ )

## 4.2 Pembahasan

Hasil sintesa bahan  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  superkonduktor seperti diuraikan pada sub bab 4.1.1, diperoleh melalui dua tahapan, yaitu tahapan kalsinasi dan tahapan sintering. Pada tahap awal, dilakukan pembuatan serbuk  $Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  superkonduktor (dengan  $x=0; 0,25; 0,50; 0,75$ ) dengan reaksi padatan, seperti diuraikan pada sub bab 3.2. Dalam hal ini dilakukan pencampuran dan penggerusan bahan dasar hingga tercampur merata.

Penggerusan dilakukan menggunakan mortar dalam cawan keramik. Setelah tercampur bahan tersebut dipadatkan, dengan tujuan untuk membentuk padatan pada bahan, proses pemadatan dilakukan dengan alat pengepresan (Gambar 4.1). Selanjutnya dilakukan pemanasan hingga temperatur  $930^{\circ}C$ , dan dipertahankan selama 24 jam. Kemudian temperatur tersebut diturunkan secara alami pada suhu kamar  $\sim 30^{\circ}C$ , tahapan ini dinamakan kalsinasi tahap pertama.

Proses tersebut dilakukan dengan tujuan untuk membuang komposisi bahan yang tidak diinginkan. Karena pada proses ini hasil reaksi masih belum sempurna, dikarenakan masih banyak porositas dan penangkapan gas sekitar serta masih besarnya luas permukaan kontak antara partikel-partikel.

Proses selanjutnya yaitu, penggerusan dan pencampuran ulang, dari sampel hasil kalsinasi tahap pertama. Dan juga dilakukan proses pemadatan, kemudian dilakukan pemanasan hingga temperatur  $930^{\circ}C$ , dan dipertahankan selama 24 jam. Selanjutnya temperatur tersebut diturunkan secara alami, pada suhu kamar  $\sim 30^{\circ}C$ , tahapan ini dinamakan kalsinasi kedua. Tahapan kedua tersebut dilakukan, dengan tujuan untuk membentuk

dan mengompakkan komposisi bahan yang diinginkan, agar partikel-partikel bahan dibentuk untuk menjadi satu ikatan yang kuat, dan keras.

Selanjutnya pembuatan disk, dilakukan dengan pengepresan. Sebelum proses pengepresan, terlebih dahulu dilakukan penggerusan dan pencampuran ulang, dari sampel hasil kalsinasi tahapan kedua. Dengan tujuan untuk mendapatkan serbuk  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-8}$  superkonduktor baru, yang halus dan homogen.

Proses pengepresan tersebut bertujuan untuk membentuk disk dan memperkecil kontak permukaan antara partikel-partikel, serta mempertahankan bentuk, dari penyusutan maupun pengembangan reaksi. Setelah pengepresan/pencetakan selesai, bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-8}$  superkonduktor baru dalam bentuk disk tersebut, dilanjutkan dengan proses pemanasan.

Pada proses pemanasan ini, temperatur dinaikkan hingga mencapai  $950^\circ\text{C}$ , dan dipertahankan pada temperatur tersebut selama 24 jam. Kemudian diturunkan hingga  $900^\circ\text{C}$ , pada temperatur tersebut dipertahankan selama 24 jam.

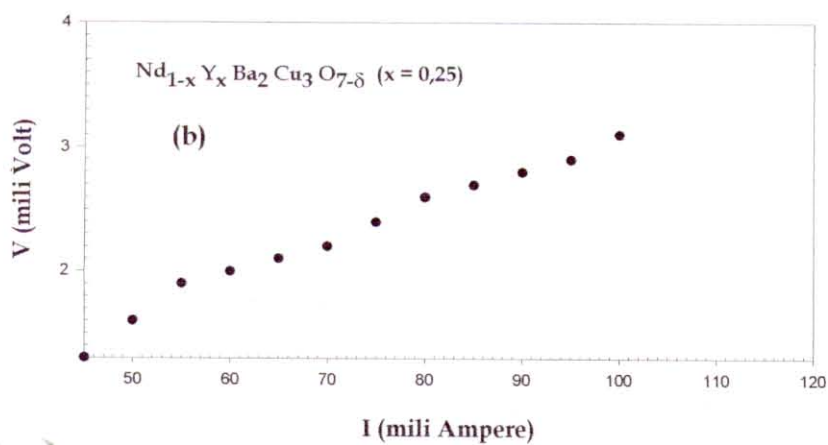
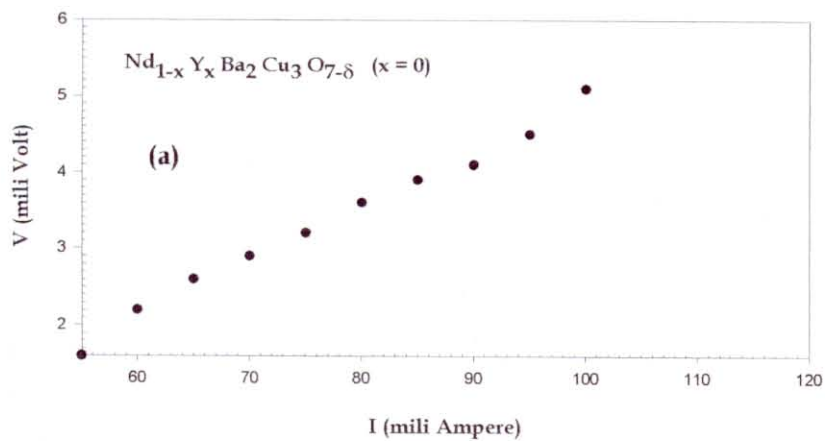
Variasi temperatur ini dilakukan dengan tujuan untuk menjaga kesetabilan bentuk bahan, agar tidak rusak atau pecah dari penyusutan, akibat penurunan temperatur. Setelah itu temperatur diturunkan secara alami hingga suhu kamar  $\sim 30^\circ\text{C}$ . Adapun tahapan yang ketiga ini dinamakan sintering.

Seluruh tahapan yang telah dilakukan tersebut, merupakan proses peleburan bahan dasar untuk pembuatan bahan keramik. Dan setelah itu bahan telah menjadi sampel yang siap untuk dikarakterisasi.



Gambar 4.3a,b,c,d menunjukkan hasil pemotretan sampel  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x \text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superkonduktor pada mikroskop optik. Pada gambar tersebut terlihat bahwa bahan hasil sintesa memiliki porositas, yang merupakan ciri khas dari bahan granular superkonduktor, yaitu superkonduktor dengan reaksi fase padat.

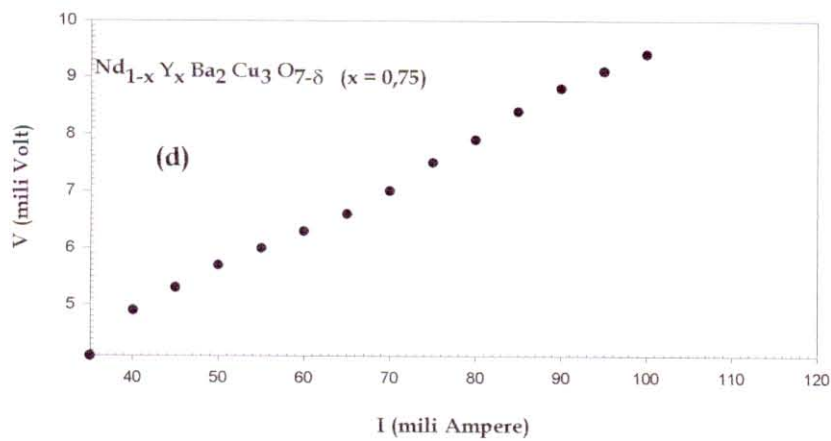
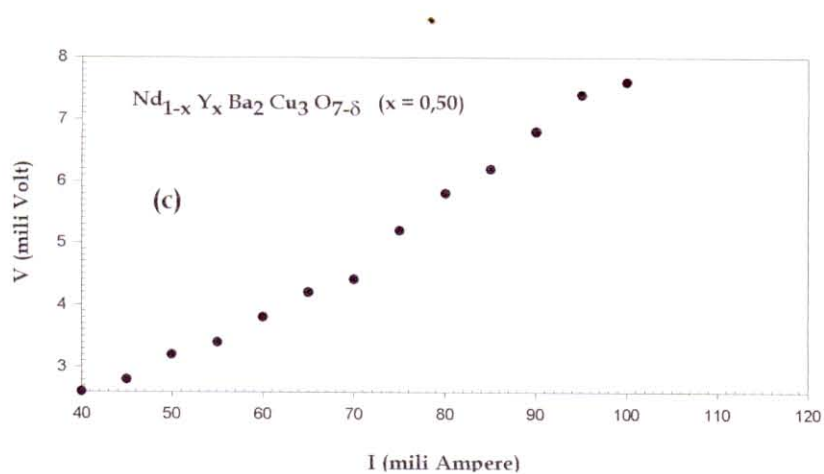
Gambar 4.4a,b,c,d menunjukkan hasil pengukuran I-V dari keempat sampel. Dari gambar tersebut terlihat pola lonjakan tegangan yang menunjukkan adanya transisi dari keadaan superkonduktor ke keadaan normal. Pada pola tersebut masing-masing sampel didapatkan nilai arus kritis,  $I_c$ , yang berbeda. Pada gambar 4.4a,b, diperlihatkan pola lonjakan arus transisi, dari fase superkonduktor menuju normal, dengan pola yang hampir sama. Hal ini terlihat pada kemiringan garis yang dibentuk hampir tegak/vertikal, ini berarti bahan superkonduktor tersebut berkualitas baik. Sedangkan pada keadaan normal, bahan menunjukkan sifat yang sesuai dengan sifat konduktor/metal, seperti ditunjukkan pada gambar 4.5a,b,c,d sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair), bersifat konduktor/metal.

(a). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0$ );

(b). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,25$ )

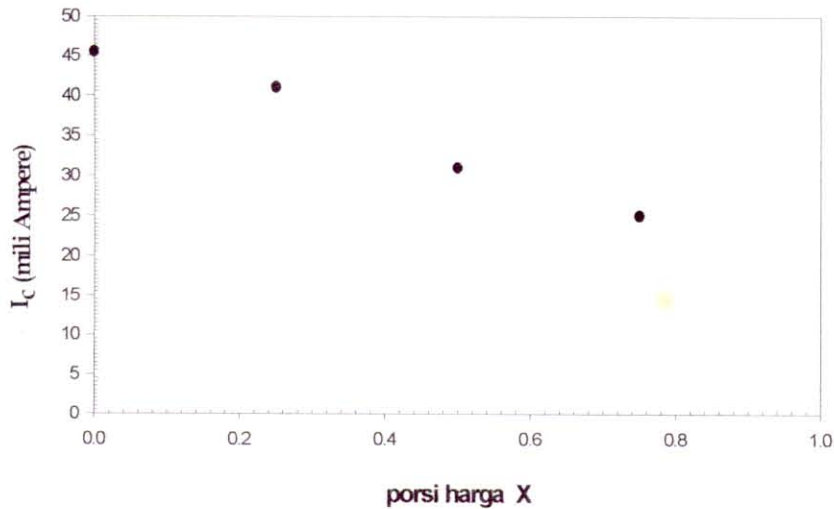


Gambar 4.5. Grafik hasil pengukuran I-V karakteristik pada suhu 77,3K (suhu nitrogen cair), bersifat konduktor/metal.

(c). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,50$ );

(d). bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,75$ )

Dari masing-masing harga arus kritis,  $I_c$ , yang diperoleh, apabila diplot dengan porsi harga  $x$ , terlihat seperti gambar 4.6 di bawah.



Gambar 4.6 Grafik hasil plot  $I_c$  dengan besarnya porsi harga X

Dari gambar 4.6 nampak bahwa dengan bertambahnya  $x$  (atom Y) semakin kecil harga  $I_c$ . Hal ini, mungkin disebabkan karena jari-jari ion  $Y^{3+}$  lebih kecil daripada ion  $Nd^{3+}$  sehingga dengan bertambahnya ion  $Y^{3+}$  memperbesar porositas bahan. Ini mengakibatkan harga  $J_c$  dari bahan hasil sintesa berkurang, dengan bertambahnya konsentrasi ion  $Y^{3+}$  pada bahan, seperti disajikan pada tabel 4.1.



Tabel 4.1. Rapat arus kritis,  $J_c$ , untuk masing-masing sampel

Sampel	Dimensi sampel			$I_c$ (Ampere)	$J_c$ ( $A/m^2$ )
	Lebar (cm)	Tebal (cm)	$\Lambda$ ( $cm^2$ )		
$Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $x = 0$ )	$15 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$45,5 \cdot 10^{-3}$	$6,07 \cdot 10^4$
$Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $x = 0,25$ )				$41 \cdot 10^{-3}$	$5,45 \cdot 10^4$
$Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $x = 0,50$ )				$31 \cdot 10^{-3}$	$4,13 \cdot 10^4$
$Nd_{1-x}Y_x Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $x = 0,75$ )				$25 \cdot 10^{-3}$	$3,33 \cdot 10^4$

Dari tabel 4.1 di atas bahan yang digunakan diambil dalam bentuk pelat, dan diperoleh harga rapat arus kritis,  $J_c$ , yang relatif rendah. Hal ini disebabkan antar butiran dari bahan tersebut belum saling menyatu dengan sempurna. Dengan adanya porositas tersebut, berakibat terhadap besarnya harga rapat arus kritis pada bahan superkonduktor.

Disamping itu, hasil perhitungan rapat arus kritis,  $J_c$ , pada tabel 4.1, di atas diperoleh harga semakin kecil dengan bertambahnya ion  $Y^{3+}$ . Dengan bertambahnya ion  $Y^{3+}$  berarti jumlah ion  $Nd^{3+}$  dalam bahan semakin berkurang. Kecenderungannya menurunnya harga rapat arus kritis,  $J_c$ , dengan bertambahnya jumlah ion  $Y^{3+}$  sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya [27].

Hal ini ditunjukkan dengan adanya jarak antar butiran/grain pada bahan hasil sintesa tersebut (hasil percobaan dengan mikroskop optik). Sehingga menghambat jalannya arus, menyebabkan arus yang lewat mempunyai harga relatif rendah. Untuk itu supaya didapatkan arus kritis yang besar, perlu dilakukan sintesa, dengan bahan yang sama, tetapi dengan fase berbeda misalnya fase thin film, singel crystal atau MPG (*Melt Processing Growth*).

Kualitas suatu bahan superkonduktor pada umumnya ditentukan oleh besarnya,  $J_c$ , yaitu dengan semakin besar,  $J_c$ , maka bahan semakin baik dan dapat diaplikasikan dalam bentuk lain.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah diperoleh bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  superkonduktor hasil sintesis ini dilakukan dengan reaksi padatan dengan proses kalsinasi dan sintering pada temperatur  $930^\circ\text{C}$  dan  $950^\circ\text{C}$ .
2. Pemotretan strukturmikro, sampel  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  superkonduktor dengan mikroskop optik, memperlihatkan bahwa hasil pemotretan tersebut, menunjukkan adanya porositas pada bahan keramik  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  superkonduktor, yang merupakan ciri khas dari bahan granular superkonduktor, yaitu superkonduktor dengan reaksi fase padat.
3. Semakin kecil konsentrasi atom Y pada NdBCO maka semakin besar pula harga rapat arus kritis,  $J_c$ , pada bahan tersebut.

### 5.2 SARAN

Mengingat bahan superkonduktor sangat menjanjikan baik secara teknologi maupun ekonomis, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, untuk mendapatkan bahan  $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  superkonduktor yang mempunyai, rapat arus kritis,  $J_c$ , tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. C.W.Chu, P. H. Hor R. L. Meng, L. Gao, Z. J. Huang, Y.Q. Wang, *Phys. Rev. Lett.*58,403(1987).
- [2]. Sujito, G.J. Russell dan K. N. R. Taylor," *High Temperature Superconductivity BHTS'92*" Eds. Z. Z Gaus, S. S. Xie and Z. X. Zhao, World scientific, Singapore, p. 591 (1992).
- [3]. O. Cabeza, Y. P.Yadava, J. Maza, C. Tarron dan Felix Vidal, *Physics C* 185 - 189, 1897 (1991).
- [4]. De Udayana, *Physics C*,193,83 (1991)
- [5]. M.J. Sharen, A. Cardona, J. Z. sun, L. C. Bourene end J. R Schrieff, *American J. appld Physics*, 30. No. 1A, (1991).
- [6]. Tiefel, TH. Et al; *physics C*, 166, 408 - 412, (1990).
- [7]. Fuad A, Supriana E, Nuriyah L, *Proceding Nasional dan Simposium Yogyakarta*, November,66 - 78, (1998).
- [8]. M. Murakami, S. I. Yoo, T. Higuchi, N. Sakai, J. Wetz, N.Koshizuka and S. Tanaka, Japan. *Appl. Phys.* 33, L751 (1994).
- [9]. S. I. Yoo,M. Murakami,T. Higuchi and S. Tanaka, Japan. *J. Appl. Phys.* 33,1000 (1994).
- [10]. S. I. Yoo, Sakai, H. Takaichi,T.Higuchi and M. Murakami, *Appl. Phys Lett.* 65,633(1994).
- [11]. H. S chauhan, T. Mochida, M. Muralidhar, and M. Murakami, *Advances in Superconductivity-X*, eds. L. Osamura and I. Hirabayshi, Springer-Verlag, Tokyo, (1998), p.725.
- [12]. Akundato A., 2000, *Sintesa Superkonduktor Keramik NdBCO dengan Fase Padat*, Pusat Penelitian FMIPA Univ. Jember, Jember.



- [13]. A. C. Rose-Innes and E. H. Rhoderick, *Introduction to Superconductivity*, Pergamon press, Inc. New York, 1987.
- [14]. Kittel, C., *Introduction to Solid State Physics*, John Wiley and Sons.
- [15]. Richard Christman, *Fundamental of Solid State Physics*. JW & S. Inc 1988.
- [16]. Per. Vase, *Preparation and Characterization of High T<sub>c</sub> Superconducting Thin Films With High Critical Current Densities*, NKT research Center A/S, Agustus 1991.
- [17]. Sumanto, MA., *Pengetahuan Bahan Untuk Mesin dan Listrik*, Andi Offeset, Yogyakarta (1991).
- [18]. R. A. Thomas, *IEE Transaction on Magnetics*, 21, 195 (1985).
- [19]. A. Bourdillon & N. X. Tan Bourdillon, *High Temperatur Superconductors Processing and Science*, Academic Press, Inc. New York, 1994.
- [20]. Resnik R. Halliday, *Physics*, New York Jon Wiley & Sons, Inc (196-200) 1978.
- [21]. P. R. Broussard, V. C Cestone, and L. Hallen, *J. Appl.Phys*, 77, (1995).
- [22]. Cyrot, M and Pauana D., *Introduction to Superconductivity High T<sub>c</sub> Materials*, World Scientif, 1992.
- [23]. Sujito, PhD, 1994, *Disertation: A Comparative Study of The Characteristic of Bulk YBCO and YBCO: Ag Composite Supercinductor*, UNSW, Sydney.
- [24]. David J. Frankel, *J. Appl. Phys.*50,8 (1979).
- [25]. Kachhava,C.M., *"Solid State Physics"*, McGraw-Hill, New Delhi, 1990.
- [26]. Jr, Callister. D, William, *Materials Science and Engineering an Introduction*, Canada, Jon Wiley & Sons, Inc (1991).

- [27]. Cauhan. S. and Murakami. M, *Temperatur-Controlled of  $J_c$ -B properties in the Nd-Y-B-Cu-O sytem*, "SRL-ISTEC", Japan 1996.

**Lampiran 1**

**Data pengukuran arus terhadap tegangan untuk bahan keramik  
 $\text{Nd}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x=0; 0,25; 0,50; 0,75$ ) superkonduktor.**





(a)



(b)



(c)



(d)

Foto Struktur Mikro Bahan Keramik Superkonduktor

- (a) Bahan Nd<sub>1-x</sub>Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> (x = 0)
- (b) Bahan Nd<sub>1-x</sub>Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> (x = 0,25)
- (c) Bahan Nd<sub>1-x</sub>Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> (x = 0,5)
- (d) Bahan Nd<sub>1-x</sub>Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> (x = 0,75)



DATA PENGAMATAN ARUS TERHADAP TEGANGAN UNTUK  
BAHAN KERAMIK  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  ( $x=0$ ), SUPERKONDUKTOR

NO	Arus (I) (Mili Ampere)	Tegangan (V) (Mili Volt)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	20	0
6	25	0
7	30	0
8	35	0
9	40	0
10	45	0
11	45,5	0
12	46	0,1
13	46,5	0,3
14	47	0,5
15	47,5	0,7
16	48	0,9
17	48,5	1,0
18	49	1,05
19	50	1,1
20	55	1,6
21	60	2,2
22	65	2,6
23	70	2,9
24	75	3,2
25	80	3,6
26	85	3,9
27	90	4,1
28	95	4,5
29	100	5,1

DATA PENGAMATAN ARUS TERHADAP TEGANGAN UNTUK  
BAHAN KERAMIK  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  ( $x=0,25$ ) SUPERKONDUKTOR

NO	Arus (I) (Mili Ampere)	Tegangan (V) (Mili Volt)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	20	0
6	25	0
7	30	0
8	35	0
9	40	0
10	41	0
11	41,5	0,7
12	42	1,1
13	42,5	1,15
14	43	1,2
15	43,5	1,2
16	44	1,3
17	44,5	1,3
18	45	1,3
19	50	1,6
20	55	1,9
21	60	2,0
22	65	2,1
23	70	2,2
24	75	2,4
25	80	2,6
26	85	2,7
27	90	2,8
28	95	2,9
29	100	3,1

DATA PENGAMATAN ARUS TERHADAP TEGANGAN UNTUK  
BAHAN KERAMIK  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-\delta}$  ( $x=0,50$ ) SUPERKONDUKTOR

NO	Arus (I) (Mili Ampere)	Tegangan (V) (Mili Volt)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	20	0
6	25	0
7	30	0
8	31	0
9	31,5	0,2
10	32	0,7
11	32,5	0,9
12	33	1,0
13	33,5	1,0
14	34	1,3
15	34,5	1,3
16	35	1,3
17	40	2,6
18	45	2,8
19	50	3,2
20	55	3,4
21	60	3,8
22	65	4,2
23	70	4,4
24	75	5,2
25	80	5,8
26	85	6,2
27	90	6,8
28	95	,4
29	100	7,6

DATA PENGAMATAN ARUS TERHADAP TEGANGAN UNTUK  
BAHAN KERAMIK  $Nd_{1-x} Y_x Ba_2 Cu_3 O_{7-8}$  ( $x=0,75$ ) SUPERKONDUKTOR

NO	Arus (I) (Mili Ampere)	Tegangan (V) (Mili Volt)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	20	0
6	25	0
7	26	0,6
8	26,5	0,7
9	27	1,0
10	27,5	1,1
11	28	1,3
12	28,5	1,5
13	29	1,8
14	29,5	1,9
15	30	2,1
16	35	4,1
17	40	4,9
18	45	4,3
19	50	5,7
20	55	6,0
21	60	6,3
22	65	6,6
23	70	7,0
24	75	7,5
25	80	7,9
26	85	8,4
27	90	8,8
28	95	9,1
29	100	9,4

