

**KESAN PENGGANTIAN Ca, Cr DAN V SECARA SEPARA KE  
ATAS KESUPERKONDUKSIAN  $(Y_{1-x}M_x)Ba_2Cu_3O_7$   
(M=Ca, Cr dan V)**

**CHONG KAM FOOK**

**DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI  
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN  
KEPUJIAN**

**PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**TAHUN 2004**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KESAN PENGGANTIAN SEPARA M KE ATAS KESUPER KONDUKSIAN $(Y_{1-x}M_x)Ba_2Cu_3O_7$  ; (M= Ca, Cr dan V)Ijazah: SARJANA MUDASESI PENGAJIAN: 2003/2004Saya CHONG KAM FOOKLPS (HURUF BESAR)mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: \_\_\_\_\_

Nama Penyalia \_\_\_\_\_

Tarikh: 11/10/04

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

05 April 2004



---

(CHONG KAM FOOK)

(HS 2001-2507)

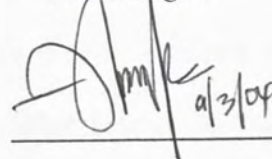


## DIPERAKUKAN OLEH

1. PENYELIA

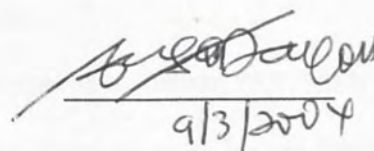
( ENCIK ALVIE LO SIN VOI )

Tanda tangan

  
9/3/04

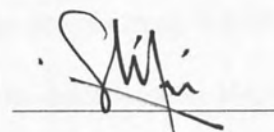
2. PEMERIKSA 1

( DR. JEDOL DAYOU )

  
9/3/2004

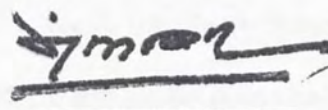
3. PEMERIKSA 2

( ENCIK SA'AFIE SALLEH )



4. DEKAN

( PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED )





## PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan penghargaan dan mengucapkan jutaan terima kasih secara ikhlas kepada penyelia saya iaitu Encik Alvie Lo Sin Voi yang sentiasa sedia memberi bantuan dan nasihat kepada saya dalam menyiapkan disertasi ini. Bimbingan yang diberikan oleh beliau telah banyak membantu saya dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Di sini saya juga ingin menyampaikan penghargaan saya kepada Prof. Madya Dr. Roslan Abd. Shukor dari UKM yang telah memberi cadangan yang bernas dalam mengendalikan ujikaji ke atas superkonduktor. Begitu juga dengan Puan Rokiah dan Puan Azizah yang telah banyak memberi tunjuk ajar dalam menggunakan alat radas dalam Makmal Logam di UKM.

Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Encik Manik dan Encik Rahim yang telah banyak memberi bantuan teknikal dan kerjasama dalam proses penyediaan dan kajian XRD ke atas sampel superkonduktor.

Akhir sekali saya ucapkan ribuan terima kasih yang tinggi kepada seisi keluarga saya dan rakan-rakan seperjuangan saya dalam pembelajaran saya selama ini khususnya saudara Yim Kah Seng dan Toh Yong Yun yang telah memberi banyak nasihat dan tunjuk ajar kepada saya selama ini.



## ABSTRAK

Kajian ke atas superkonduktor sistem YBCO fasa 123 [  $(Y_{1-x}M_x)Ba_2Cu_3O_7$  ] ( $M = Cr, V$  dan  $Ca$ ) dengan komposisi  $x = 0.1$  dan  $0.3$  telah disediakan melalui kaedah tindak balas dalam pepejal. Sampel kajian disediakan dengan menggunakan serbuk logam oksida berketulenan tinggi. Sifat elektrik sampel seperti suhu genting,  $T_c$  dan kerintangan pada suhu bilik telah dikaji dengan kaedah Van der Pauw dan kaedah penduga titik empat. Fasa sampel dikaji dengan pembelauan sinar-X. Sifat mensuperkonduksi telah ditunjukkan oleh sistem  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  untuk sampel dengan  $x = 0.1$  dan  $x = 0.3$  dengan  $T_{c\text{ mula}}$  dan  $T_{c\text{ sifar}}$  dalam julat suhu 61 K hingga 69 K dan 32 K hingga 17 K. Sistem  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  menunjukkan sifat logam pada suhu bilik dengan julat kerintangan  $(1.45 - 2.07) \times 10^{-3} \Omega\text{-cm}$ . Sistem  $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$  dan  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$  hanya menunjukkan  $T_{c\text{ mula}}$  dalam julat 39 K – 61 K. Sistem  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$  menunjukkan sifat semikonduktor pada suhu bilik dengan julat rintangan  $(5.72 - 11.26) \times 10^{-1} \Omega\text{-cm}$ . Data pembelauan sinar-X menunjukkan fasa 123 telah dipelihara untuk sistem  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  dan  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$ . Sistem  $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$  menunjukkan fasa yang tidak dikenalpasti. Kandungan fasa 123 berkurangan dengan pertambahan  $x$ . Kajian parameter menunjukkan ketiga-tiga sistem menunjukkan penyusutan kekisi- $c$  dan dipengaruhi oleh saiz ion penggantian. Sebaliknya parameter kekisi- $a$  dan kekisi- $b$  dipengaruhi oleh purata valensi kuprum.



## ABSTRACT

Experiment on YBCO system 123 phase  $[(Y_{1-x}M_x)Ba_2Cu_3O_7]$  ( $M = Cr, V$  and  $Ca$ ) with composition of  $x = 0.1$  and  $0.3$  were prepared through solid state reaction using metal oxide powder with high purity. Electrical properties such as critical temperature, room temperature were measured by using Van der Pauw and four point probe technique. The phases of samples were study by X-ray diffraction analysis. Superconducting behavior are shown by  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  system for substitutions of  $x = 0.1$  and  $x = 0.3$  with  $T_{onset}$  range from 61 K - 69 K and 32 K - 17 K. The  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  system showed the material behaviour in room temperature with room temperature resistivity ranges from  $(1.45 - 2.07) \times 10^{-3} \Omega\text{-cm}$ . The  $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$  and  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$  systems showed only the  $T_{c\ onset}$  range from 39 K - 61 K. The  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$  system showed semiconductor or insulator behaviors in room temperature with room temperature resistivity range  $(5.72 - 11.26) \times 10^{-1} \Omega\text{-cm}$ . The data of X-ray diffraction showed that the stabilized of 123 phase was maintain by  $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$  and  $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$  system. The  $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$  system shows that the other unidentified phases is dominant for  $x = 0.1$ . The 123 phase content decreased with  $x$ . The results of study on axis parameter showed that  $c$ -axis value increased in all systems. The  $c$ -axis value was influent by saiz of substitution ion and the  $a$ -axis and  $b$ -axis were influent by average of Cu valance.



## SENARAI KANDUNGAN

	Muka surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv
<b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 PENGENALAN	1
1.2 SEJARAH BERKEMBANGAN SUPERKONDUKTOR	5
1.3 KEGUNAAN SUPERKONDUKTOR	9
1.4 MATLAMAT KAJIAN	10
1.5 OBJEKTIF KAJIAN	10
1.6 SKOP KAJIAN	11
<b>BAB 2        TEORI</b>	<b>12</b>
2.1 SIFAT-SIFAT ASAS SUPERKONDUKTOR	12
2.2 KESAN MEISSNER	15
2.3 SUPERKONDUKTOR JENIS I DAN JENIS II	16
2.4 PHASA GENTING SUPERKONDUKTOR	18





<b>BAB 3</b>	<b>BAHAN DAN KAEDAH</b>	20
3.1	PENYEDIAAN SAMPEL	20
3.2	PENGUKURAN KERINTANGAN ELEKTRIK PADA SUHU BILIK	23
3.3	PENGUKURAN SUHU GENTING	25
3.4	KAJIAN PEMBELAUAN SINAR-X KE ATAS STRUKTUR SAMPEL	28
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA</b>	31
4.1	KERINTANGAN ELEKTRIK PADA SUHU BILIK	31
4.2	PENGUKURAN SUHU GENTING	35
4.3	KAJIAN PEMBELAUAN SINAR- X	40
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN, KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	
	<b>KAJIAN</b>	49
5.1	PENDAHULUAN PERBINCANGAN KAJIAN	49
5.1.1	Penyediaan Sampel	49
5.1.2	Sistem $(Y_{1-x}Ca_x)Ba_2Cu_3O_7$	50
5.1.3	Sistem $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$	54
5.1.4	Sistem $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$	57
5.2	KESIMPULAN	60
5.3	CADANGAN KAJIAN	62
	<b>RUJUKAN</b>	63
	<b>LAMPIRAN</b>	66



## SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka surat
1.1	Hasil kajian suhu kritikal dan ketumpatan arus genting bagi penggantian logam oksida yang berlainan ke atas sistem YBCO	4
1.2	Sifat-sifat unsur Vanadium (V), Kromium (Cr) dan Kalsium (Ca)	5
3.1	Senarai serbuk logam, ketulen dan jisim molekul relatif yang perlu digunakan.	21
4.1	Nilai kerintangan elektrik pada suhu bilik untuk setiap sampel $YBa_2(Cu_{3-x}Ca_x)O_7$ dengan komposisi $x = 0.1$ dan $0.3$	32
4.2	Nilai kerintangan elektrik pada suhu bilik untuk setiap sampel $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$ dengan komposisi $x = 0.1$ dan $0.3$	32
4.3	Nilai kerintangan elektrik pada suhu bilik untuk setiap sampel $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$ dengan komposisi $x = 0.1$ dan $0.3$	33
4.4	Nilai $T_c$ mula dan $T_c$ sifar untuk sampel dengan penggantian V, Cr dan Ca secara separa mengikut darjah kandungan (x).	36
4.5	Peratusan kandungan fasa tulen dan fasa asing, serta parameter kekisi-a dan c bagi sampel $(Y_{1-x}V_x)Ba_2Cu_3O_7$ .	41
4.6	Peratusan kandungan fasa tulen dan fasa asing, serta parameter kekisi-a dan c bagi sampel $(Y_{1-x}Cr_x)Ba_2Cu_3O_7$ .	41



4.7	Peratusan kandungan fasa 123 dan fasa asing, serta parameter kekisi-a dan c bagi sampel ( $Y_{1-x}Ca_x$ )Ba <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	42
5.1	Jisim serbuk yang diperlukan untuk penyediaan pelet 1.5g	50



## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka surat
1.1	Skema pembentukan struktur unit sel untuk superkonduktor YBCO	2
2.1	Voltan ( $\mu\text{V}$ ) melawan arus (A) bagi superkonduktor	13
2.2	Pembentukan fungsi suhu daripada perubahan medan magnet $B_{c1}$ dan $B_{c2}$	14
2.3	Kesan Meissner	15
2.4	Pemagnetan (M) melawan aruhan magnet untuk superkonduktor Jenis I (a) dan Jenis II (b)	17
2.5	Diagram permukaan fasa genting untuk superkonduktor suhu tinggi	18
3.1	Carta aliran bagi proses penyediaan sampel ( $\text{Y}_{1-x}\text{V}_x$ ) $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , ( $\text{Y}_{1-x}\text{Cr}_x$ ) $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ dan $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{3-x}\text{Ca}_x)\text{O}_7$	22
3.2	Susunan litar kaedah Van der Pauw	24
3.3	Susunan litar bagi kaedah pengukuran penduga empat titik	26
3.4	Skema ringkas pembelauan sinar- X	29
3.5	Skema pembelauan sinar-X pada atom-atom sampel	30
4.1	Kerintangan elektrik suhu bilik melawan kandungan Ca (x) dalam ( $\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x$ ) $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$	33
4.2	Kerintangan elektrik suhu bilik melawan kandungan Cr (x) dalam ( $\text{Y}_{1-x}\text{Cr}_x$ ) $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$	34





4.3	Kerintangan elektrik suhu bilik melawan kandungan V (x) dalam $(Y_{1-x}V_x) Ba_2Cu_3O_7$	34
4.4	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel Ca dengan x = 0.1 $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_7$	37
4.5	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel Ca dengan x = 0.3 $Y_{0.7}Ca_{0.3}Ba_2Cu_3O_7$	37
4.6	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel Cr dengan x = 0.1 $Y_{0.9}Cr_{0.1}OBa_2Cu_3O_7$	38
4.7	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel Cr dengan x = 0.3 $Y_{0.7}Cr_{0.3}OBa_2Cu_3O_7$	38
4.8	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel V dengan x = 0.1 $Y_{0.9}V_{0.1}OBa_2Cu_3O_7$	39
4.9	Graf plot rintangan terhadap suhu sampel V dengan x = 0.3 $Y_{0.7}V_{0.3}OBa_2Cu_3O_7$	39
4.10	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian Ca dengan x = 0.1 $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_7$ .	43
4.11	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian Ca dengan x = 0.3 $Y_{0.7}Ca_{0.3}Ba_2Cu_3O_7$	44
4.12	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian Cr dengan x = 0.1 $Y_{0.9}Cr_{0.1}OBa_2Cu_3O_7$	45
4.13	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian Cr dengan x = 0.3 $Y_{0.7}Cr_{0.3}OBa_2Cu_3O_7$ .	46
4.14	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian V dengan x = 0.1 $Y_{0.9}V_{0.1}OBa_2Cu_3O_7$	47



4.15	Corak pembelauan hablur sinar-X sampel penggantian V dengan $x = 0.3$ $Y_{0.7}V_{0.3}OBa_2Cu_3O_7$	48
5.1	Graf plot berbandingan rintangan terhadap suhu sampel Ca dengan $x = 0.1$ dan $x = 0.3$	53
5.2	Graf plot berbandingan rintangan terhadap suhu sampel Cr dengan $x = 0.1$ dan $x = 0.3$	56
5.3	Graf plot berbandingan rintangan terhadap suhu sampel V dengan $x = 0.1$ dan $x = 0.3$	59



## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

%	Peratus
°C	Darjah Celsius
$\delta$	Parameter peratusan oksigen
K	Kelvin
JAR	Jisim atom relatif
JMR	Jisim molekul relatif
D.C.	<i>Direct Current</i>
BCS	Teori Bardeen-Cooper-Schrieffer
d	Tebal pelet
$\xi$	Panjang koheren
$B_{c1}$	Medan genting bawah
$B_{c2}$	Medan genting atas
Y-123	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$
Cu	Kuprum
O	Oksigen
$CuO_2$	Kuprum dioksida
$J_c$	Arus genting
$H_c$	Medan genting
I	Arus
V	Voltan
$\rho$	Kerintangan elektrik
$\Delta$	Ralat ketakpastian



$\Omega$	Rintangan elektrik
3D	Ruang tiga dimensi
$a, b, c$	Parameter kekisi
Ag	Argentum
V	Vanadium
Cr	Kromium
Ca	Kalsium
$\Omega\text{cm}$	Unit kerintangan
$H_c$	Medan genting
$B_{c1}$	Medan genting bawah
$B_{c2}$	Medan genting atas
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$	Sistem yttrium
$\text{CO}_2$	Karbon dioksida
$T_c$	Suhu genting
$T_{c\text{-mula}}$	Suhu genting permulaan
$T_{c\text{-sifar}}$	Suhu genting sifar
<i>XRD</i>	<i>X-Ray Diffraction</i>
$\lambda$	Panjang gelombang
$\theta$	Sudut
<i>hkl</i>	Indeks miller
<i>SEM</i>	<i>Scanning Electron Microscope</i>
<i>EDAX</i>	<i>Energy Dispersion X-ray Analyzer</i>





## BAB 1

### SEJARAH DAN LATAR BELAKANG KAJIAN

#### 1.1 PENGENALAN

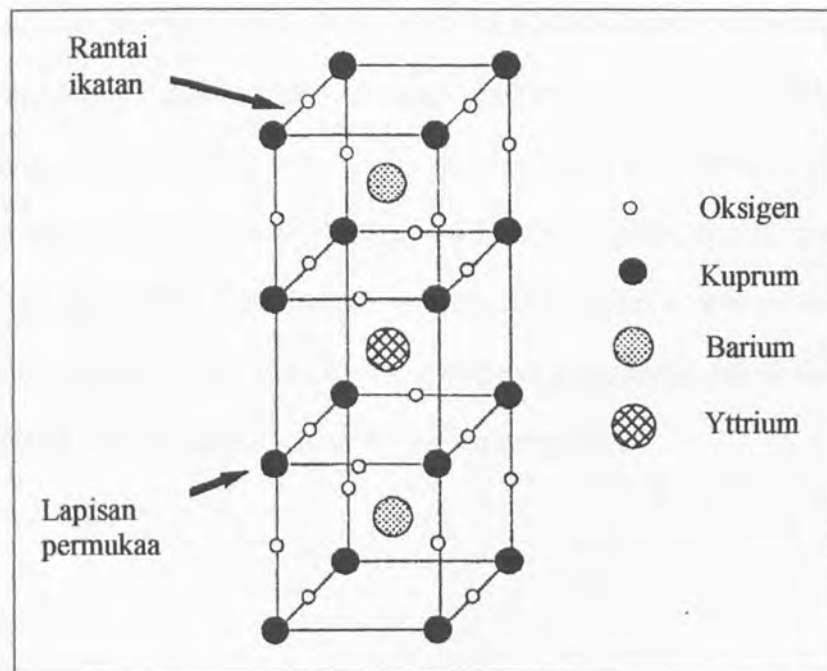
Kuprum oksida sistem yttrium (YBCO) merupakan salah satu bahan superkonduktor Jenis II atau superkonduktor keras yang terbentuk daripada unsur siri peralihan dan aktinida dan mempunyai struktur yang lebih rumit yang digambarkan dalam sifat magnetnya.

Bahan superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (Y-123) merupakan superkonduktor yang paling luas kajiannya. Kajian yang sebelum menunjukkan bahawa superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  dengan  $\delta \approx 0$  mensuperkonduksi pada suhu sekitar 92 K dan 60 K dengan  $\delta \approx 0.5$  masing-masing dimana  $\delta$  ialah parameter peratusan oksigen dalam bahan superkonduktor (Wang *et al.*, 1992).

Struktur YBCO terdiri daripada dimensi sel:  $a = 3.8198 \text{ \AA}$ ,  $b = 3.8849 \text{ \AA}$ , dan  $c = 11.6762 \text{ \AA}$  (Greer, 1995). Dengan demikian, struktur kekisi YBCO terbentuk daripada paksi- $c$  dan arah  $a$ - $b$ . Ikatan antara molekul Cu-O-Cu adalah bergantung kepada arah medan magnet, B. Bahagian lapisan ikatan molekul  $\text{CuO}_2$  dalam Rajah



1.1 adalah dianggap penting dalam sel unit struktur kekisi YBCO kerana sifat kesuperkonduksian berlaku di sini. Arus superkonduksi lebih mudah mengalir secara selari menerusi lapisan unit sel struktur kekisi YBCO dan sukar untuk mengalir secara menegak menerusi unit sel tersebut menerusi lapisan unit sel. Sifat getaran kekisi struktur antara atom sentiasa berlaku pada sebarang suhu walaupun pada suhu 0 K. Getaran ini menentukan sifat fizik hablur yang utama seperti haba tertentu, kekonduksian haba dan sebagainya (Muhammad Bin Yahaya, 1989).



**Rajah 1.1** Skema pembentukan struktur unit sel untuk superkonduktor YBCO (Greer, 1995).

Superkonduktor suhu tinggi yang berasaskan kuprum oksida adalah terdiri daripada seramik. Unsur kuprum oksida ini akan menunjukkan sifat logam pada suhu bilik dan mensuperkonduksi pada suhu yang melebihi takat didih nitrogen cecair

sedangkan seramik merupakan bahan penebat. Superkonduktor suhu tinggi mempunyai panjang koheren yang pendek iaitu sekitar  $\xi \sim 10 \text{ \AA}$  dan superkonduktor yang tergolong dalam Jenis II dengan medan genting atas yang tinggi, iaitu  $B_{c2} \sim 200 \text{ Tesla}$  (Sergeenkov *et al*, 1994).

Superkonduktor yang berasaskan kuprum oksida mempunyai struktur perovskite dengan kecatatan oksigen yang memainkan peranan yang penting dalam kesuperkonduksiannya. Dengan kecatatan oksigen, valensi kuprum YBCO dalam keadaan bercampur dan formula sebatian kimia boleh ditulis dengan  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Kajian terhadap superkonduktor sehingga hari ini, menunjukkan suhu genting,  $T_c$  akan bertambah dengan penambahan bilangan lapisan Cu-O dalam unit. Demi meningkatkan suhu peralihan yang cukup rendah dimana tidak mempunyai sebarang rintangan elektrik lebih dikenali sebagai suhu genting, pelbagai jenis penggantian logam dan logam oksida yang berbeza dari segi kimia fizikal ke atas sebatian YBCO telah dilakukan pada kajian yang lepas. Antaranya penggantian magnesium oksida, serium oksida, logam argentum, zink oksida dan sebagainya.



**Jadual 1.1** Hasil kajian suhu genting dan ketumpatan arus genting bagi pengantian logam oksida yang berlainan ke atas sistem YBCO.

Sample	Suhu genting $T_c$ (K)	Ketumpatan arus genting $J_c$ ( $A/cm^2$ )	Rujukan
YBCO (tulen)	77	$1.0 \times 10^6$	Ichinose <i>et al.</i> , 1999
YBCO / $CeO_2$ (serium oksida)	77	$1.2 \times 10^6$	Varesi <i>et al.</i> , 2003
YBCO / MgO (magnesium oksida)	77	$7.9 \times 10^5$	Bauer <i>et al.</i> , 1999
YBCO / Ag (logam argentum)	88	$2.6 \times 10^6$	Rangel <i>et al.</i> , 1999



**Jadual 1.2** Sifat-sifat unsur Vanadium (V), Kromium (Cr) dan Kalsium (Ca)  
(Emsley,1991)

Unsur	V	Cr	Ca
Jisim atom relatif	50.942	51.996	40.08
Nombor proton	23	24	20
Saiz ion (pm)	V <sup>2+</sup> = 72 V <sup>3+</sup> = 65 V <sup>4+</sup> = 61 V <sup>5+</sup> = 59	Cr <sup>2+</sup> = 84 Cr <sup>3+</sup> = 64 Cr <sup>4+</sup> = 56	Ca <sup>2+</sup> = 106
Saiz atom (pm)	132.1	124.9	197.3
Takat lebur (K)	2160	2130 ± 20	1112
Takat didih (K)	3650	2945	1757
Kerintangan elektrik (Ωm)	24.8 × 10 <sup>-8</sup>	12.7 × 10 <sup>-8</sup>	3.43 × 10 <sup>-8</sup>
Kekonduksian termal (Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	30.7	93.7	200

## 1.2 SEJARAH BERKEMBANGAN SUPERKONDUKTOR

Superkonduktor yang pertama telah ditemui oleh seorang ahli fizik Dutch yang bernama Kammerlingh Onnes bahawa rintangan elektrik untuk raksa jatuh mendadak kepada sifar pada suhu lebih kurang 4K (Madzlan, 1992). Di bawah suhu 4K, rintangan elektrik untuk raksa adalah masih dibawah sekitar sifar. Arus elektrik



mengalir di dalam raksa dengan ketiadaan perbezaan voltan dan tidak menyebabkan kepanasan yang dikaitkan dengan rintangan elektrik di dalam konduktor. Keadaan raksa yang rintangannya hilang secara praktik pada suhu rendah ini digelar keadaan superkonduktif.

Berdasarkan kajian Takahasi *et al.*, 1994, kebanyakan sifat utama dalam keadaan superkonduktif telahpun dikenalpasti menunjukkan pada suhu-suhu yang sangat rendah. Unsur-unsur logam yang menunjukkan sifat superkonduktor seperti zink, plumbum dan timah. Pada hari ini, jumlah pensuperkonduktif adalah lebih kurang dua puluh empat unsur dan lebih daripada seribu sebatian diketahui sebagai penkonduksi pada tekanan atmosfera. Kegunaan pensuperkonduksi dalam bidang teknologi meningkat dengan pesatnya, terutama sekali yang berkaitan dengan unsur-unsur tukar alih komputer, bolometer, elektromagnet superkonduksi.

Apabila satu pensuperkonduksi disejukkan dibawah sesuatu suhu, bukan sahaja berlaku kehilangan rintangan elektrik yang mendadak tetapi juga terdapat perubahan mendadak kepada kebanyakan sifat bahan itu. Suhu ini dikenali sebagai suhu genting. Antara sifat-sifat bahan tersebut adalah berlainan daripada yang ditunjukkan pada suhu yang lebih tinggi daripada suhu genting (Mazlan, 1992).

1. Rintangan D.C.

Pada suhu kritikal rintangan d.c lenyap dan dibawah suhu genting ia tetap sifar.



## 2. Muatan haba tentu

Pada suhu genting muatan haba tentu bahan meningkat dengan mendadak. Di bawah suhu genting pergantungan suhu kepada muatan haba tentu bahan itu berlainan sekali daripada yang di atas suhu genting.

## 3. Kesan termoelektrik

Kesemua kesan termoelektrik lenyap dengan mendadak pada suhu genting. Contohnya, dalam konduktor biasa cerunan suhu dikenakan  $T$  menghasilkan suatu medan elektrik di dalam konduktor. Kuasa termo bahan tersebut ditakrifkan sebagai  $E/T$ . Dalam pensuperkonduksi kuasa termo ini lenyap dengan mendadak pada suhu peralihan.

## 4. Kekonduksian terma

Kekonduksian terma untuk suatu pensuperkonduksi berubah dengan mendadak pada suhu genting. Di dalam sesetengah pensuperkonduksi, ia mula menurun dengan penurunan suhu. Untuk yang lain, ia mula bertambah dengan penurunan suhu.

Superkonduktor merupakan penemuan canggih sehingga makin diberikan perhatian pada masa kini. Banyak bahan logam dan aloi logam baru yang menunjukkan sifat mensuperkonduksi telah ditemui. Logam seperti niobium didapati mensuperkonduksi pada suhu genting,  $T_c$  9.2 K. Pada tahun 1941, aloi logam seperti niobium-nitrat telah ditemui mensuperkonduksi pada suhu genting  $T_c$  16 K. Vanadium-silikon ( $V_3Si$ ) ditemui pada tahun 1953 menunjukkan kesuperkonduksian pada suhu 17.5 K (Madzlan, 1992).





Pada tahun 1957, pemahaman teori mengenai kesuperkonduksian bahan superkonduktor pertama kali dimajukan oleh ahli-ahli fizik Amerika iaitu John Bardeen, Leon Cooper dan Robert Schrieffer. Teori BCS sempena nama-nama mereka adalah teori terhadap mikroskopik superkonduktor. Anugerah Hadiah Nobel yang diperolehi mereka telah mengiktiraf sumbangan mereka dalam bidang kesuperkonduksian.

Pada tahun 1986, K. A Müller dan J. G. Bednorz dari makmal IBM di Switzerland telah menghasilkan sebatian seramik iaitu kuprum oksida yang boleh mensuperkonduksi pada suhu genting yang lebih tinggi iaitu 30K. Mereka mencadangkan bahawa seramik boleh digunakan sebagai calon superkonduktor suhu tinggi. Penemuan mereka telah menakjudkan dalam bidang kesuperkonduksian kerana seramik merupakan sejenis bahan penebat yang tidak mengalirkan arus elektrik.

Pada tahun 1987, bahan-bahan yang berasaskan kuprum oksida ditemui mensuperkonduksi pada suhu yang melebihi takat didih nitrogen cecair (78K). Justeru penemuan ini, penyelidik-penyelidik iaitu, M. K. Wu dan C. W. Chu telah menggantikan Lanthanum (iaitu La-Ba-Cu-O) dalam sistem Müller-Bednorz kepada yttrium (iaitu Y-Ba-Cu-O) yang boleh menjadi bahan superkonduktor pada suhu melebihi 90 K. Pada tahun yang seterusnya, superkonduktor yang berasaskan kuprum oksida sistem bismut ( $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ ) dengan  $T_c$  110 K, kuprum oksida sistem talium dengan  $T_c$  125 K dan kuprum oksida sistem Hg-Ba-Ca-Cu-O dengan  $T_c$  134 K turut ditemui. Sehingga catatan hari ini, bahan kuprum oksida dalam sistem Hg-Ba-





## RUJUKAN

- Ates, A., dan Yanmaz, E., 1998. The effects of Ag addition and magnetic field on melt-processed  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  superconductors. *Journal of Alloys and Compounds* **279** (1998), 220-228.
- Barnes, S. E. (pnyt.), 1999. *High Temperature Superconductivity: Observations of YBCO superconductor under a low-temperature scanning electron microscope*. Coral Gables, Florida.
- Bauer, M., K., Semerad, R. dan Kinder, H., 1999. YBCO films on metal substrates with biaxially aligned MgO buffer layer. *IEEE Transactions On Applied Superconductivity* **9** (2), 1502-1505.
- Dong, H. H., Hyung, S. M. dan Kyu, W. L., 2001. Effects of Cation Substitution on the Oxygen loss in YBCO Superconductors. *Journal of the Korea Physical Society*, **39** (6), 1041-1045.
- Emsley, J., 1991. *The Elements. 2<sup>nd</sup> Edition*. Oxford: Clarendon Press.
- Ermilor, A. N. (ptrj.), 1995. *High- Temperature Superconductivity Experiment and Theory*. Springer- Verlag, New York.
- Fujino, K., Yoshida, N., Okuda, S., Hara, T., Ohukuma, T. dan Ishii, H., 1994. One meter long thin film tape with  $J_c$  more than  $10^5$  A/cm<sup>2</sup> fabricated by pulsed laser deposition. Dalam: Yamafuji, K. dan Morishita, T. (pnyt.) *Proceedings of the International Symposium on Superconductivity*, 8-11 November 1994, Springer-Verlag, Tokyo, 629-632.
- Greer, A. J. dan Kossler, W. L., 1995. *Low Magnetic Fields in Anisotropic Superconductors*. Springer-Verlag, Berlin.



- Ichinose, A., Daniels, G., Yang, C.Y. dan Larbalestier, D.C., 1999. Preparation and characterization of  $Y_2O_3$  buffer layers and YBCO films on textured Ni tape. *IEEE Transactions On Applied Superconductivity* **9** (2), 2280-2283.
- Kimura, K., Miyamoto, K. dan Hashimoto, M., 1994. Joining of  $YBa_2Cu_3O_x$  with high critical current. Dalam: Yamafuji, K. dan Morishita, T. (pnyt.) *Proceedings of the International Symposium on Superconductivity*, 8-11 November 1994, Springer-Verlag, Tokyo, 681-684.
- Madzlan Aziz, 1992. *Kesuperkonduksian*. Unit Penerbitan Akademik Universiti Teknologi Malaysia, Sekudai.
- Muhammad Bin Yahaya, 1989. *Pengenalan Fizik Keadaan Pepejal*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Mustaffa Hj. Abdullah, 1990. *Sifat dan Kegunaan Semikonduktor*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Mustaffa Hj. Abdullah, 1991. *Sains Bahan Jilid 1*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Özcan, Firat, T. dan Özcan, E., 2001. Microstructure and critical current of hot-pressed YBCO ceramics. *Turk Journal Physics* **26** (2002), 435-439.
- Poole, C. P., Farach, Jr. H. A. dan Creswick R. J., 1995. *Superconductivity*. Academic Press, United States of America.
- Rangel, R., Galvan, D. H., Hirata, G. A., Adem, E., Morales, F. dan Maple, M. B., 1998. Experimental study of microstructure and critical current density of YBCO/Ag thick films under silver addition and electron irradiation. *Superconductor Science Technology* **12** (1999), 264-269.
- Roslan Abd. Shukor, 1996. *Superkonduktor Kovensional dan Suhu Tinggi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.



- Sergeenkov, S., Auloos, M. dan Mehbod, M., 1994. Onback bending of the Hall number density as a function of temperature in YBCO high- $T_C$  superconductors. *Journal Physics* **6** (1994), L373-L377.
- Takahasi, C., Nagano, M., Wakiya, Y., Sakurai, H. dan Suzuki, M., 1994. Transport anistropy of resistivity and critical current density in sputtered  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-y}$  flims. Dalam: Yamafuji, K. dan Morishita, T. (pnyt.) *Proceedings of the International Symposium on Superconductivity*, 8-11 November 1994, Springer-Verlag, Tokyo, 437-436.
- Tinkham, M., 1996. *Introduction to Superconductivity*. Ed. ke-2. Mc Graw Hill, New York.
- Varesi, E., Celentano, G., Petrisor, T., Boffa, V., Ciontea, L., Galluzzi, V., Gambardella, U., Mancini, A., Rufoloni, A. dan Vannozzi, A., 2003. Pulsed laser deposition of high critical current density  $YBa_2Cu_3O_{7-x}/CeO_2/Ni-W$  architecture for coated conductors applications. *Superconductor Science Technology* **16** (2003), 498-505.
- Wang, X. Z., Hellebrand, B. dan Bäuerle, D., 1992. Crystal structure and superconductivity in  $ReBaSrCu_3O_x$ . *Physica C*. **200**: 12-16.

