

# Sintesis Superkonduktor $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(10+x)}$ untuk Peraga Uji Meissner Menggunakan Metode Reaksi Padatan

Liyana Mardova<sup>(1,a)\*</sup>, Amilia Rasitiani<sup>(1,b)</sup>, Dwi Asmi<sup>(1,c)</sup>, Leni Rumiyanti<sup>(1,d)</sup>  
dan Sigit Dwi Yudanto<sup>(2,e)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

<sup>(2)</sup>P2MM – LIPI, Tangerang Selatan, Indonesia, 15314

Email : <sup>(a\*)</sup>liyanamardova47@gmail.com, <sup>(b)</sup>amiliarasitiani@gmail.com, <sup>(c)</sup>dwiiasmi82@yahoo.com ,  
<sup>(d)</sup>lenirumiyanti@fmipa.unila.ac.id <sup>(d)</sup>sd.yudanto@gmail.com

Diterima ( 19 Juni 2020 ), Direvisi ( 20 Juli 2020 )

**Abstract.** The research has been done in the field of Field Work Practice to synthesize superconductors  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(10+x)}$  for Meissner test using solid reaction method. The objective of this research is to make superconductor  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$  with solid reaction method and to know the result of superconducting character of  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$  based on Meissner test. From the results of Meissner test that has been done on this superconductor sample looks super magnet and superconductor repel each other rejects or super magnet drift. Sehingga it can be concluded that the sample has a strong Meissner effect. From the results of Tc test using cryogenic tools obtained Tc Zero temperature of 103.4 K and Tc Onset of 116.67 K. From the data obtained it can be concluded that the sample has reached phase 2223.

**Keywords:** Meissner effect, solid reaction, superconductor, Tc test, Tc Zero, Tc Onset.

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian dalam rangka Praktik Kerja Lapangan (PKL) mengenai sintesis superkonduktor  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(10+x)}$  untuk peraga uji Meissner menggunakan metode reaksi padatan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan superkonduktor  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$  dengan metode reaksi padatan dan mengetahui hasil karakteristik superkonduktor  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$  berdasarkan uji Meissner. Dari hasil uji Meissner yang telah dilakukan pada sampel superkonduktor ini terlihat super magnet dan superkonduktor saling tolak menolak atau super magnet melayang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut memiliki efek Meissner yang kuat. Dari hasil uji Tc dengan menggunakan alat cryogenic didapatkan suhu Tc Zero sebesar 103,4 K dan Tc Onset sebesar 116,67 K. Dari data yang didapatkan tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut telah mencapai fasa 2223.

**Kata kunci:** efek Meissner, reaksi padatan, superkonduktor, uji Tc, Tc Zero, Tc Onset

## PENDAHULUAN

Superkonduktivitas adalah suatu fenomena dimana nilai hambatan listrik suatu bahan berubah secara drastis menjadi sangat kecil bahkan hampir tidak ada sama sekali ketika diberikan suhu tertentu yang sangat rendah.

Superkonduktor adalah bahan yang telah mengalami kehilangan semua hambatan listrik dan menjadi diamagnetik dibawah temperatur yang sangat rendah [1]. Menurut [2] Superkonduktor sistem BSCCO merupakan superkonduktor oksida keramik yang mempunyai struktur berlapis-lapis

sehingga menyebabkan bahan superkonduktor sistem BSCCO sangat rapuh dan mudah patah. Selain itu, superkonduktor sistem BSCCO memiliki sifat anisotropi superkonduktivitas yang tinggi dan panjang koherensi yang pendek.

Fenomena superkonduktor ini pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan Belanda yaitu Kamerlingh Onnes pada tahun 1911 [3]. Berdasarkan suhu kritisnya, superkonduktor dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu Low Temperature Superconductor (LTS) dan High Temperature Superconductor (HTS). Teknologi superkonduktor mulai berkembang pesat sejak ditemukannya High Temperature Superconductor (HTS) pada tahun 1986 oleh J. Georg Bednorz dan K. Alex Müller [4]. Salah satu bahan High Temperature Superconductor (HTS) adalah sistem Bi-Sr-Ca-Cu-O atau lebih dikenal dengan sistem BSCCO (bismuth strontium calcium copper oxide) [5].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh H. Maeda pada tahun 1988 teridentifikasi bahwa superkonduktor sistem BSCCO memiliki tiga fasa yaitu fasa 2201, fasa 2212, fasa 2223. Temperatur kritis dari fasa 2201, fasa 2212, fasa 2223 secara berturut-turut adalah 20 K, 80 K, dan 110 K. Fasa 2223 paling potensial untuk aplikasi dibandingkan dengan fasa-fasa lainnya karena suhu kritisnya lebih tinggi yaitu 110 K [6][7]. Struktur kristal dari fasa yang terbentuk dalam material superkonduktor akan sangat berpengaruh terhadap temperatur kritisnya ( $T_c$ ) [8]. Untuk memperoleh fasa tunggal atau kristal tunggal superkonduktor fasa 2223 ada beberapa upaya yang telah dilakukan, seperti penggunaan doping Pb dan doping Ag, doping Pb dan Sb, menggunakan fluks

( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , KCl, dan NaCl) [9]. Metode yang paling umum digunakan untuk sintesis superkonduktor temperatur tinggi ( $T_c$ ) adalah metode reaksi padatan (*solid state reaction*). Dalam mensintesa superkonduktor BSCCO dengan menggunakan metode padatan ini diharapkan mendapatkan homogenitas yang tinggi. Karena dalam produksi besar, kehomogenan campuran lebih baik sehingga didapatkan mutu superkonduktor yang baik [10].

Penelitian terkait superkonduktor sistem BSCCO ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain, mensintesis superkonduktor BSCCO menggunakan metode sitrat, dengan rumus kimia  $\text{Bi}_{1,85}\text{Pb}_{0,35}\text{Sr}_{1,92}\text{Ca}_{2,02}\text{Cu}_{3,06}$ . Dalam mensintesis superkonduktor ini diperoleh suhu kritisnya 101 K [11]. Selanjutnya sintesis  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$  dilakukan dengan metoda padatan, temperatur sintering yang digunakan adalah 800°C, 820°C, 845°C, dan 860°C sedangkan waktu penahanan digunakan 90 jam. Dari penelitian ini diperoleh hasil levitasi (pengangkatan atau penolakan magnet) temperature 845°C lebih kuat dari temperature sintering lainnya [12].

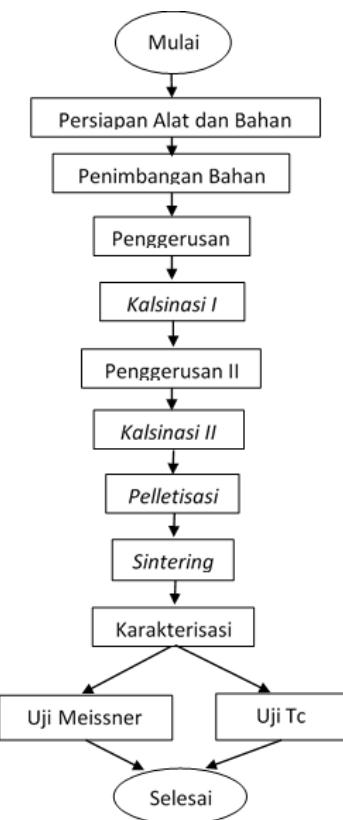
Pada tahun 1911, Kammerlingh Onnes menemukan bahwa, pada suhu sekitar 4,2 K resistivitas listrik merkury tiba-tiba turun ke nilai yang sangat kecil untuk diukur. Suhu di mana superkonduktor pada kondisi tersebut disebut transisi atau suhu kritis ( $T_c$ ). Pada tahun 1935, Fritz London dan Heinz London bersaudar mengembangkan fenomenologis pertama teori superkonduktivitas. Persamaan London ini memberikan deskripsi teoritis dari elektrodinamika superkonduktor termasuk efek Meissner [13].

Pada tahun 1933, Walther Meissner dan Robert Ochsenfeld di Jerman membuat penemuan penting, yang ternyata dapat

mempengaruhi perkembangan berikutnya. Apabila sebuah magnet tetap diletakkan di atas material superkonduktor maka magnet tersebut akan melayang. Fenomena ini disebut sebagai efek Meissner. **Gambar 2** menunjukkan efek Meissner yaitu dengan (a) Dalam keadaan normal di atas suhu kritis, superkonduktor tersebut benar-benar ditembus oleh medan magnet dari luar. (b) Di bawah suhu kritis superkonduktor tersebut benar-benar membelokkan medan magnet dari bagian dalamnya [13]. Jadi sampel superkonduktor suhu tinggi seharusnya bisa mengangkat super magnet tersebut [14].

## METODE PENELITIAN

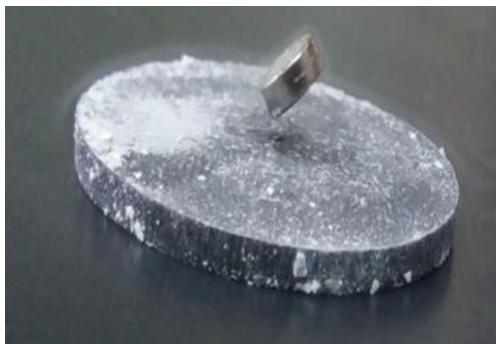
Metode penelitian ini dengan metode reaksi padatan dan sintering pada suhu 850°C selama 30 jam dengan komposisi bahan Bi<sub>1,6</sub>Pb<sub>0,4</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>(10+x)</sub>. Alat dan bahan yang digunakan dalam praktik kerja lapangan ini adalah neraca digital digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan, spatula berfungsi sebagai alat untuk mengambil bahan yang akan digunakan, cawan (crucible) digunakan untuk meletakkan bahan yang akan digunakan, penggerus (mortar dan pestle) digunakan untuk menggerus bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembuatan pellet superkonduktor, cetakan pellet dan alat pengepres digunakan untuk membentuk pellet, tungku pemanas (furnace) digunakan untuk memanaskan sampel, oven digunakan untuk memanaskan bahan pada tahap awal atau preheating, dan Termos berisi nitrogen cair. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbO<sub>2</sub>, SrCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, CuO, dan Ethanol. Untuk selanjutnya melakukan pengujian efek Meissner dan menguji resistivitas bahan tersebut.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## Hasil Uji Meissner

Dari proses sintesis diatas maka akan dilakukan uji Meissner dan uji Tc. Uji Meissner dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya sifat diamagnetisme sampel yang diujikan. Dengan cara nitrogen cair disiramkan pada sampel holder, kemudian baru sampel direndam dalam nitrogen cair sampel sudah tidak berbuih lagi. Dengan demikian suhu sampel sudah sama dengan suhu Nitrogen cair. Kemudian super magnet diletakkan di atas sampel. Jika efek Meissner kuat maka magnet akan terangkat di atas sampel. Efek Meissner dikatakan lemah jika magnet tertolak oleh sampel tetapi magnet tidak sampai terangkat. Sedangkan efek Meissner dikatakan tidak ada jika tolakan magnet oleh sampel sangat lemah. Dari sampel diatas telah dilakukan uji Meissner dengan hasil pada **Gambar 2**.



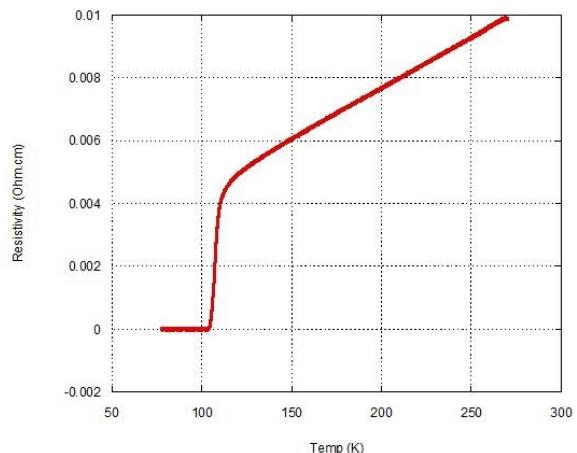
**Gambar 2.** Hasil uji Meissner

Pada **Gambar 2** hasil uji Meissner, benda berbentuk silinder besar adalah sampel superkonduktor yang telah dibuat, sedangkan yang berbentuk silinder kecil adalah super magnet yang digunakan untuk uji Meissner. Dari **Gambar 2** efek Meissner teramat sekali. Hal ini terlihat super magnet dan sampel superkonduktor saling tolak menolak dan super magnet jelas terlihat melayang atau magnetnya sampai terangkat. Jadi dapat dikatakan sampel di atas mengalami efek Meissner kuat.

Untuk mengetahui keberhasilan proses sintesa superkonduktor  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(10+x)}$  dari campuran  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{PbO}_2$ , dengan suhu sintering 30 jam, maka cara yang paling mudah adalah dengan uji efek Meissner.

### Uji Tc

Setelah dilakukan uji Meissner selanjutnya akan dilakukan uji Tc, uji Tc ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara resistivitas dengan suhu, dimana dari grafik tersebut dapat diketahui nilai suhu kritisnya. Hasil uji resistivitas ini ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Hasil uji Tc

Berdasarkan **Gambar 3** di peroleh hasil uji Tc dengan menggunakan alat *cryogenic* yaitu dengan suhu Tc *Zero* sebesar 103,4 K dan Tc *Onset* sebesar 116,67 K. Dari data yang di dapatkan tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel tersebut telah mencapai fasa 2223.

### KESIMPULAN

Hasil uji Meissner sampel mengalami efek Meissner kuat, yaitu super magnet dan sampel superkonduktor saling tolak menolak dan super magnet terlihat melayang. Hasil uji Tc dengan menggunakan alat *cryogenic* yaitu dengan suhu Tc *Zero* sebesar 103,4 K dan Tc *Onset* sebesar 116,67 K.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Jurusan Fisika Material Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Pusat Penelitian Metalurgi dan Material (P2MM-LIPI) yang telah memberikan tempat untuk melakukan penelitian ini serta kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Knorr, D. B., Chan, B., Wilkins, D. J., Haldar, P., Hoehn Jr, J. C. and Motowidlo, L. R. 1992. Texture analysis of BSCCO tapes made by the powder-in-tube method. *Materials Engineering Department.* Vol. 251. No. 1. Pp. 337-344.
- [2] Herlyn. 2008. Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Konduktivitas Normal Superkonduktor Overdoped Pb (Bi-Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10</sub> Dengan Metode Melt-Textured. Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- [3] Abbas, M. M., Oboud, S. F. and Raoof, N. Q. 2015. Investigating the Preparation Conditions on Superconducting Properties of Bi<sub>2-x</sub>Li<sub>x</sub>Pb<sub>0.3</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10+x</sub>. *Material Sciences and Applications.* Vol. 6. Pp 310-321.
- [4] Vikhreva, O., Zhdanok, O., Khrustov, V. and Balakirev, V. 1998. Textured BSCCO superconductors produced by magnetic pulsed compaction and hot pressing. *Superconductor Science and Technology.* Vol. 11. No. 1. Pp 107-109.
- [5] Mohammed, N.H., Awad, R., Aly, A. I. A., Ibrahim, I. H. and Hassan, M. S. 2012. Optimizing the Preparation Conditions of Bi-2223 Superconducting Phase Using PbO and PbO<sub>2</sub>. *Materials Sciences and Applications.* Vol. 3. No. 4. Pp 224-233.
- [6] Shimono, I., Nagata, S., Konishi, H. and Hamaguchi, Y. 1993. Preparation of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconductor by the Cirate Method. *Journal of the Ceramic Society of Japan.* Vol. 101. No. 9. Pp 1044-1050.
- [7] Nilson, A. 2009. BSCCO superconductors processed by the glass-ceramicroute. *Disertation.* Germany: Von der Fakultät Maschinenwesen der Technische Universität Dresden zur Erlangung des Akademischen Grades Doktoringenieur Dr.-Ing. angenommene. Pp 2-120.
- [8] Lehndroff, B. R. 2001. *High-Tc Superconductors for Magnet and Energy Technology.* Berlin: Springer-Verlag. Pp 5-10.
- [9] Rachmawati, Auliati. 2009. Pengaruh Substitusi Sb pada Bi Terhadap Struktur Kristal dan Efek Meissner Dalam Sintesis Superkonduktor Bi-Pb-Sr-CaCu-O Menggunakan Metode Padatan. *Skripsi.* FMIPA UNS.
- [10] Khalil, S. M. 2001. Enhancement of superconducting and mechanical properties in BSCCO with Pb additions. *Journal of physics and chemistry of solids.* Vol. 62. No. 3. Pp 457-466.
- [11] Lusiana, 2013. Proses Pembuatan Material Superkonduktor BSCCO dengan Metoda Padatan. *Majalah Metalurgi.* Vol. 28.. Hal. 73-82.
- [12] Wesche, R. 2015. *Physical Properties Of High-Temperature Superconductors.* United Kingdom: John Wiley and Sons, Ltd. Pp 1-478.
- [13] Heubener, R. P. 2013. *Conductors, Semiconductors, Superconductors.* Germany: Springer. Pp 120-123.
- [14] Marhaendrajaya, I. 2005. Eksperimen Pembentukan Kristal BPSCCO dengan Metode Lelehan.

*Jurnal Berkala Fisika.* Vol. 8. No. 2. [15]  
Pp 53-60.

Benlhachemi, A., Golec, S. and  
Gavarri, J. R. 1993. Elaboration and  
variable properties of 2223 BSCCO  
Superconductor-Polymer  
Composites. *Journal Physica C: Superconductivity.* Vol. 209. No. 4.  
Pp 353-361.