

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BAHAN SUPERKONDUKTOR $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

MIRANDA SAVITRI^{1,†}, SITINUR KHAYATI¹, YATIMARYATI¹, KIKI W VERONICA¹, WAHYU A SOMANTRI¹,
TOGAR SARAGI¹, RISDIANA¹

Departemen Fisika,

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363,
Sumedang, Jawa Barat, Telp. 022-7796014*

Abstrak. Telah dilakukan sintesis superkonduktor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) menggunakan metode reaksi padatan dengan beberapa variasi suhu dan waktu sintering yaitu 880°C, 900°C, 920°C, 930°C selama 10 jam, dan 920°C selama 20 jam untuk mendapatkan bahan YBCO dengan T_c tinggi agar dapat dimanfaatkan untuk aplikasi kereta maglev. Hasil uji XRD diketahui bahwa struktur kristal yang terbentuk adalah orthorombik tanpa adanya puncak pengotor. Uji resistivitas bahan dengan menggunakan *Four Point Probe* memperlihatkan bahwa T_c dari YBCO dengan suhu sintering 880°C, 920°C, dan 930°C selama 10 jam masing-masing adalah 96.6 K, 95.2 K dan 98.9 K. Sedangkan untuk YBCO dengan suhu sintering 920°C selama 20 jam adalah 97.7 K

Kata kunci: Superkonduktor, Efek Meissner, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, resistivitas

Abstract. Has been synthesized $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) using solid state reaction with some variations in temperatures and sintering time, 880 °C, 900 °C, 920 °C, 930 °C for 10 hours, and 920 °C for 20 hours to obtain YBCO with high T_c in order to used for the application of maglev train. From XRD measurement it is found that the orthorombic crystal structure formed without any impurity peaks. Resistivity measurement showed that the T_c of YBCO with a sintering temperature of 880 °C, 920 °C and 930 °C for 10 hours, is 96.6 K, 95.2 K and 98.9 K. As for the sintering temperature of 920 °C for 20 hours T_c is found to be 97.7 K

Keywords: Superconductor, Meissner Effects, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, resistivity

1. Pendahuluan

Nanopartikel magnetik kini intensif dikembangkan karena sifatnya yang menarik dalam aplikasinya dalam berbagai bidang, seperti fluida dan gel magnetik, katalis, pigmen pewarna, dan diagnosa medik. Beberapa sifat nanopartikel magnetik ini bergantung pada ukurannya. Sebagai contoh, ketika ukuran suatu partikel magnetik di bawah 10 nm, akan bersifat superparamagnetik pada suhu ruang, artinya bahwa energi termal dapat menghalangi anisotropi energi penghalang dari sebuah nanopartikel tunggal. Karena itu, sintesis nanopartikel yang seragam dengan mengatur ukurannya menjadi salah satu kunci masalah dalam ruang lingkup sintesis ini [1].

Salah satu zat yang dapat dipakai untuk membentuk dan sekaligus mengontrol ukuran dan struktur pori dari partikel adalah polietilen glikol (PEG). Dalam peran ini PEG dapat berfungsi sebagai *template*, yang membungkus partikel sehingga tidak terbentuk agregat lebih lanjut, dikarenakan PEG menempel pada permukaan partikel dan menutupi ion positif yang bersangkutan untuk bergabung dan membesar, sehingga pada akhirnya akan diperoleh partikel dengan bentuk bulatan yang seragam. Akan tetapi, agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, diperlukan PEG dengan panjang molekul dan jumlah yang tepat; misalnya, untuk PEG 2000 diperlukan sekitar 200 % dari jumlah bahan yang ditambahkan [2].

Dalam tulisan ini dilaporkan kegiatan sintesis dan karakterisasi struktur serta sifat magnetik nanopartikel Fe_3O_4 dengan *template* PEG-1000. Fe_3O_4 disintesis dari pasir besi (ferit alami)

[†]email : mirandasavitri94@gmail.com

dengan metoda kopresipitasi. Hasilnya akan dibandingkan lebih lanjut dengan hasil sintesis Fe_3O_4 menggunakan PEG-400 dari penelitian sebelumnya [3].

2. Metode Penelitian

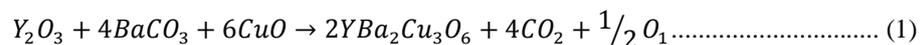
Superkonduktor merupakan bahan material yang memiliki hambatan listrik bernilai nol pada suhu yang sangat rendah. Pada 1987, untuk pertama kalinya superkonduktivitas teramati di atas suhu didih nitrogen cair (77 K) oleh Wu *et al.* (1987) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ merupakan superkonduktor pertama dengan nilai T_c diatas 77 K [1].

Salah satu aplikasi dari superkonduktor YBCO adalah kereta maglev. Rancang bangun dari kereta maglev memanfaatkan sifat kemagnetan dari bahan superkonduktor ini, yaitu efek Meissner. Ketika bahan superkonduktor yang berada di bawah suhu kritisnya dikenai medan magnet, maka superkonduktor akan menolak fluks magnet yang mengenainya. Hal ini terjadi karena superkonduktor menghasilkan medan magnet dalam bahan yang berlawanan arah dengan medan magnet luar yang diberikan.

Dalam penelitian ini, akan disintesis bahan superkonduktor YBCO dengan metode reaksi padatan, dan berbagai kondisi sintering untuk mendapatkan bahan superkonduktor YBCO dengan T_c yang tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan bahan superkonduktor YBCO dilakukan dengan metode reaksi padatan[2-4], bahan-bahan yang digunakan adalah Barium Carbonate (BaCO_3), Yttrium Oxide (Y_2O_3) dan Copper Oxide (CuO) dengan kemurnian 99,99%. Jumlah massa masing-masing bahan ditentukan berdasarkan persamaan reaksi yang diperlihatkan pada persamaan (1).

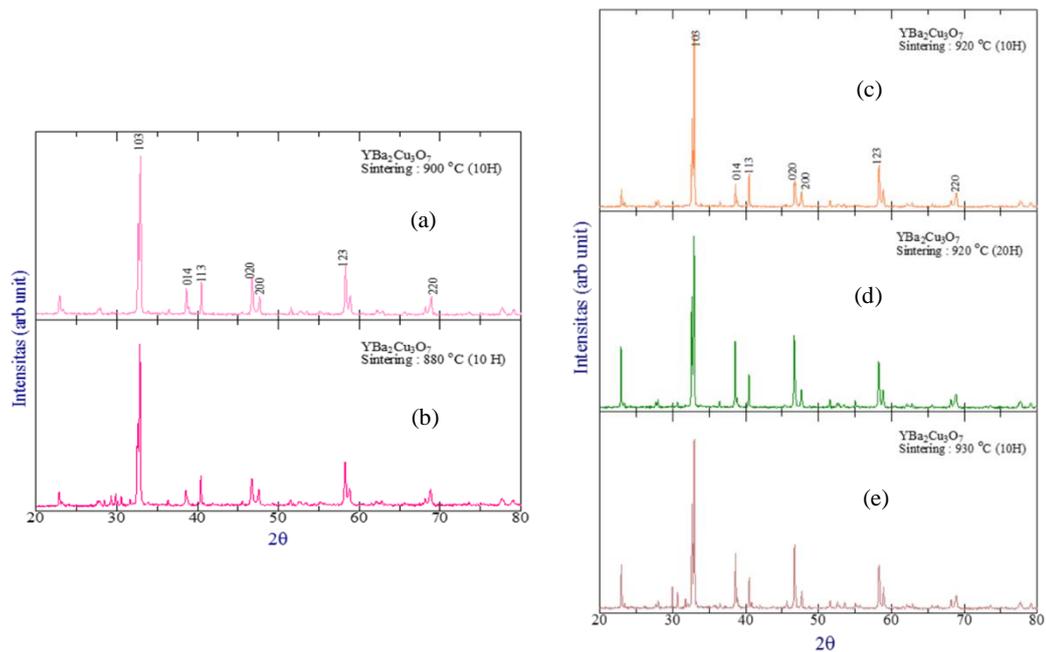


Proses pembuatan YBCO dengan reaksi padatan meliputi proses penimbangan bahan, pencampuran dan penggerusan, proses pemanasan dengan suhu 880°C, 900°C, 920°C, 930°C selama 10 jam dan 920°C selama 20 jam, dan proses sintering dengan suhu yang sama. Seluruh bahan dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat struktur kristal dari bahan, *four point probe* untuk mengukur resistivity, dan uji levitasi dengan menggunakan nitrogen cair. Tahapan pembuatan YBO dilakukan Laboratorium Material Maju untuk Energi Baru dan Terbarukan, Departemen Fisika, Universitas Padjadjaran dan karakterisasi XRD dan Resisitivitas dilakukan di *Departement of Applied Physics Graduate School of Engineering Tohoku University*, Jepang.

Gambar 1 memperlihatkan hasil karakterisasi XRD, untuk sampel YBCO dengan suhu sintering 900°C, 880°C, 920°C, 930°C selama 10 jam, dan 920°C selama 20 jam. Untuk seluruh bahan yang diujikan tidak terdapat puncak pengotor yang muncul, dan struktur kristalnya orthorombik.

Tabel 1 memperlihatkan nilai kisi kristal bahan YBCO yang disintesis dengan variasi suhu sintering 900°C, 880°C, 920°C, 930°C selama 10 jam, dan 920°C selama 20 jam. Sebagai bahan pembandingnya, dituliskan pula kisi literatur dari bahan yBCO yang memiliki struktur kristal orthorombik. Nilai a, b, dan c ini didapat dari dengan melakukan perhitungan nilai hkl dari puncak-puncak difraksi yang didapat, lalu diproses dengan menggunakan aplikasi cellcalc untuk mendapatkan nilai a, b dan c. Dimana nilai a, b dan c ini menunjukkan sistem kristal yang dimiliki

bahan, jika nilai $a \neq b \neq c$ maka struktur kristal akan berbentuk orthorombik. Hasil yang didapat tidak jauh berbeda dengan nilai literturnya, dimana nilai a,b dan c yang dimiliki bahan menunjukkan struktur kristal orthorombik.



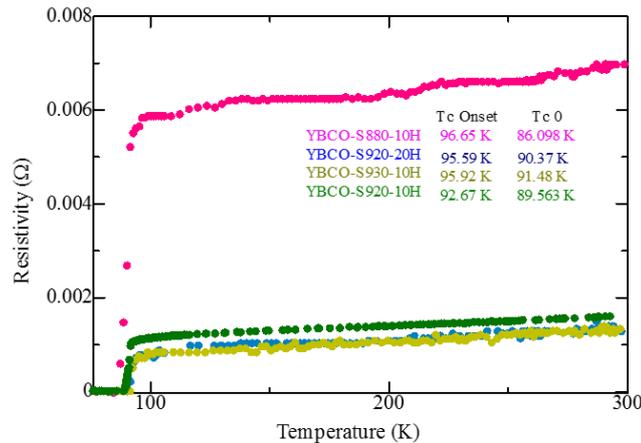
Gambar 1. Hasil Uji XRD sampel YBCO dengan (a) suhu sintering 900°C selama 10 jam. (b) suhu sintering 880°C selama 10 jam. (c) suhu sintering 920°C selama 10 jam. (d) suhu sintering 920°C selama 20 jam. (e) suhu sintering 930°C selama 10 jam.

Tabel 1. Hasil XRD bahan YBCO dengan Suhu dan Waktu Sintering Berbeda-Beda

Sampel	a	b	c
Literatur [2]	3.8203	3.8855	11.6835
YBCO-S880-10H ^(b)	3.82302	3.88806	11.66726
YBCO-S900-10H ^(a)	3.81634	3.88578	11.64339
YBCO-S920-10H ^(c)	3.81482	3.88412	11.63314
YBCO-S920-20H ^(d)	3.81548	3.88900	11.64918
YBCO-S930-10H ^(e)	3.81270	3.88765	11.63141

Gambar 2 memperlihatkan grafik hasil uji resistivitas bahan $YBa_2Cu_3O_7$ dengan suhu sintering 880°C, 920°C, 930°C selama 10 jam dan 920°C selama 20 jam. T_c untuk bahan YBCO dengan suhu sintering 880°C selama 10 jam adalah 86.08 K, 90.37 K untuk sampel dengan suhu 920°C selama 20 jam, 91.48 K untuk sampel dengan suhu 930°C, dan 89.563 K untuk sampel dengan suhu 920°C selama 20 jam.

Nilai T_c dipengaruhi oleh lamanya proses dan suhu sintering, dimana hal ini mempengaruhi kadar oksigen yang dimiliki bahan tersebut. Nilai oksigen ini yang mempengaruhi nilai T_c dari bahan. Pengujian efek Meissner memperlihatkan bahwa bahan YBCO 930°C selama 10 jam mengalami efek levitasi ketika berada dibawah suhu kritisnya.



Gambar 2. Grafik hasil uji resistivitas bahan $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

4. Kesimpulan

Telah berhasil dibuat bahan YBCO menggunakan reaksi padatan dengan variasi suhu sintering 880°C , 900°C , 920°C , 930°C selama 10 jam dan suhu 920°C selama 20 jam dapat menghasilkan YBCO dengan struktur kristal orthorombik. Nilai T_c yang terbesar didapatkan untuk bahan YBCO dengan suhu sintering 930°C selama 10 jam yaitu 91.48 K dan yang terendah adalah 86.098 K untuk bahan dengan suhu sintering 880°C selama 10 jam, seluruh YBCO hasil sintesis menunjukkan efek meissner. Dimana levitasi tertinggi ditunjukkan oleh bahan dengan suhu sintering 920°C dan 930°C .

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan Prof. Yoji Koike beserta anggota Laboratorium Koike Tohoku University, yang telah membantu memberikan fasilitas uji XRD dan uji resistivitas.

Daftar Pustaka

1. Risdiana. 2012. Pengenalan Bahan Superkonduktor: Sifat Dasar dan Karakteristiknya. Bandung: Unpad Press.
2. Risdiana, T. Adachi, N.Oki, S. Yairi, Y. Tanabe, K. Omori, T. Suzuki, I. Watanabe, A. Koda, W. Higemoto dan Y. Koike, "Cu-Spin dynamics in overdoped regime of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ probed by muon spin relaxation", Phys. Rev. B 77, 054516 (2008).
3. Risdiana, T. Adachi, N.Oki, S. Yairi, T. Suzuki, I. Watanabe, "Muon-spin-relaxation study of the Cu-spin dynamics in electron-doped high- T_c superconductor $\text{Pr}_{0.86}\text{LaCe}_{0.14}\text{Cu}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_4$ ", Physical Review B 82, 014506 (2010).
4. T. Adachi, N.Oki, Risdiana, S. Yairi, Y. Koike, I. Watanabe, "Effect of An and Ni substitution on the Cu-spin dynamics and superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_{1-y}(\text{Zn},\text{Ni})_y\text{O}_4$ probed by muon spin relaxation", Phys. Rev. B 77, 054516 (2008).
5. P.J. Ford, G.A. Saunders. 2005. The Rise of the Superconductors. CRC Press.