

## Pengaruh Variasi Unsur Gd pada Struktur Kristal Superkonduktor Y-358 (Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub>)

Suryana Deva\*, Wayan Gede Suharta, I Ketut Putra

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

\*e-mail: Suryanadeva2504@gmail.com

**Abstrak** - Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi unsur Gd pada struktur kristal superkonduktor Y-358 (Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub>). Pada penelitian ini sampel di magnetic stirrer selama 24 jam, dikalsinasi dengan menggunakan suhu 600° C selama 3 jam dan disintering dengan menggunakan suhu 900° C selama 10 jam. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan puncak tajam yang menandakan terjadinya kristalisasi dengan baik. Pengaruh variasi unsur Gd<sub>0,1</sub>, Gd<sub>0,2</sub>, Gd<sub>0,3</sub> dan Gd<sub>0,4</sub> pada superkonduktor Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub> mengakibatkan berubahnya nilai parameter kisi yaitu 3,838267 Å; 3,836952 Å; 3,835818 Å; 3,835403 Å dan yaitu 3,784541 Å; 3,790550 Å; 3,820195 Å; 3,822933 Å serta nilai parameter kisi yaitu 30,621809 Å; 30,254430 Å; 30,236952 Å dan 30,227880 Å. Dan masing-masing sampel memiliki gugus fungsi yang sama pada bilangan gelombang tertentu. Gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing sampel adalah Aromatik Mono, Aromatik Para, Alkohol Anhidrida Eter, Ester, Asam karboksilat Nitro (N=O), Alkil C-H (Stretching), Alkohol fenol, Asam karboksilat OH (alkohol, fenol, ikatan hidrogen).

**Kata kunci:** Superkonduktor, Substitusi, kalsinasi, sintering, XRD

**Abstract** – Research on the effect of Gd element variations on the Y-358 (Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub>). Superconducting crystal structure has been carried out. In this study the samples were held in a magnetic stirrer for 24 hours, calcined using a temperature of 600 ° C for 3 hours and sintering using a temperature of 900 ° C for 10 hours. The results of XRD characterization showed sharp peaks that indicate the occurrence of crystallization well. The effect of variations in elements Gd<sub>0,1</sub>, Gd<sub>0,2</sub>, Gd<sub>0,3</sub> and Gd<sub>0,4</sub> on the superconductor Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub> results in changes in the lattice parameter values of 3,838267 Å; 3,836952 Å; 3,835818 Å; 3,835403 Å and namely 3,784541 Å; 3,790550 Å; 3,820195 Å; 3,822933 Å and the lattice parameter value is 30,621809 Å; 30,254430 Å; 30,236952 Å and 30,227880 Å. And each sample has the same functional group at a certain wave number. The functional groups found in each sample were Mono Aromatic, Para Aromatic, Ether Alcohol Anhydride, Esters, Nitro Carboxylic Acid (N = O), Alkyl CH (Stretching), Phenol Alcohol, OH Carboxyl Acid (alcohol, phenol, hydrogen bonds).

**Key words:** Superconductor, Substitution, calcination, sintering, XRD

### PENDAHULUAN

Superkonduktor merupakan material yang memiliki resistivitas listrik yang bernilai nol dibawah temperatur kritisnya, yang artinya dapat menghantarkan arus listrik tanpa adanya sumber tegangan.

Bahan superkonduktor ditemukan oleh Heike Kamerlingh Onnes pada tahun 1911 telah memberikan peluang aplikasi sangat luas yang mengacu pada efisiensi energi dalam jangka waktu yang lama.

Superkonduktor Y-358 dengan rumus kimia Y<sub>3</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub> mempunyai suhu kritis yang lebih tinggi yaitu sekitar 94°K. Pada penelitian ini dilakukan sintesis superkonduktor Y<sub>3</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub> dengan substitusi unsur Gd (Gadolinium). Gadolinium (Gd) merupakan

salah satu unsur paramagnetik sangat kuat yang merupakan persyaratan penting untuk senyawa kontras dan mempunyai kemampuan menyerap neutron yang sangat tinggi.

Proses sintesis sampel Y<sub>3-x</sub>Gd<sub>x</sub>Ba<sub>5</sub>Cu<sub>8</sub>O<sub>18-δ</sub> maka dilakukan karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

### LANDASAN TEORI

#### A. Superkonduktor

Salah satu sifat bahan yang paling penting adalah yaitu resistivitas listrik. Berdasarkan kandungan resistivitas yang dimiliki, suatu bahan dapat diklasifikasikan menjadi empat macam, yaitu bahan isolator, semikonduktor, konduktor dan superkonduktor. Suatu bahan

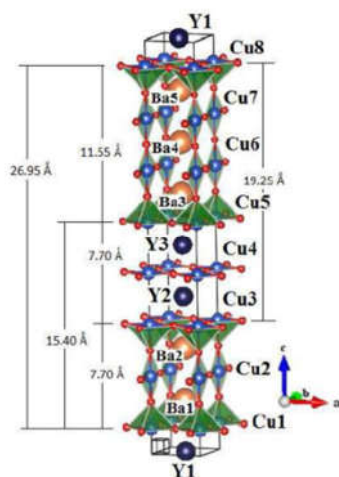
dikatakan superkonduktor apabila mempunyai sifat yaitu tanpa hambatan (hambatan nol) untuk semua suhu di bawah suhu kritis dan mempunyai medan magnetik di dalam bahan superkonduktor sama dengan nol.

## B. Sejarah Superkonduktor

Bahan superkonduktor pertama kali ditemukan pada tahun 1911 oleh seorang fisikawan Belanda dari Universitas Leiden yaitu Heike Kamerlingh Onnes. Pada tanggal 10 Juli 1908, Onnes berhasil mencairkan helium dengan cara mendinginkannya hingga suhu 4 K atau  $-269^{\circ}\text{C}$ . Kemudian Onnes pada tahun 1911 mulai mempelajari sifat-sifat listrik dari logam pada suhu yang sangat dingin. Pada saat itu diketahui bahwa hambatan dari suatu logam akan menurun ketika didinginkan di bawah suhu ruang, tetapi belum ada yang dapat mengetahui berapa batas bawah hambatan yang dicapai ketika temperatur logam mendekati 0 K atau nol mutlak.

## C. Superkonduktor YBCO

Superkonduktor YBCO yang memiliki kepanjangan Yttrium Barium Cuprum Oxide termasuk superkonduktor suhu tinggi dengan nilai suhu kritis sekitar 90 K. Superkonduktor YBCO juga termasuk ke dalam superkonduktor tipe II. Fase YBCO-358 memiliki  $T_c$  yang lebih tinggi dari pada  $T_c$  fase YBCO-123. Hasil refinemen Rietveld pola XRD fase YBCO-358 kisi kristalnya memiliki simetri orthorhombic dalam group ruang  $pmm2$  dengan parameter kisi  $a = 3,9211(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 3,8514(1) \text{ \AA}$ ,  $c = 31,0170(0) \text{ \AA}$  [1].



**Gambar 1** Struktur  $\text{Y}_3\text{Ba}_5\text{Cu}_8\text{O}_{18}$  yang dibuat dari refinement Rietveld data XRD [1]

## D. Sintesis

Dalam sintesis bahan superkonduktor, proses kalsinasi dan sintering merupakan proses yang sangat penting dalam pembentukan suatu senyawa superkonduktor. Kalsinasi adalah proses pembakaran tahap awal yang merupakan reaksi dekomposisi secara endotermik (memerlukan panas) dan berfungsi melepaskan gas-gas dalam bentuk karbon atau hidroksida, sehingga menghasilkan bahan dalam bentuk karbon atau hidroksida, sehingga menghasilkan bahan dalam bentuk oksida dengan kemurnian yang tinggi. Sintering digunakan untuk meningkatkan kerapatan sampel sesuai dengan struktur mikro dan komposisi fase yang diinginkan.

## METODE

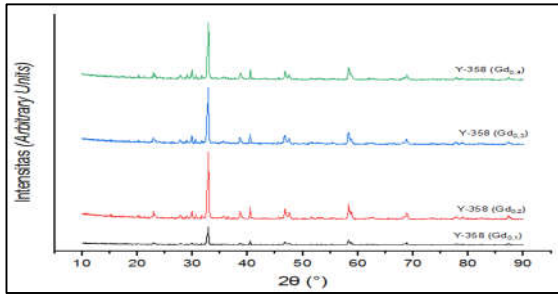
Dalam penelitian ini Superkonduktor Y-358 dengan rumusan kimia  $\text{Y}_{3-x}\text{Gd}_x\text{Ba}_5\text{Cu}_8\text{O}_{18-\delta}$  dibuat dari bahan awal serbuk  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{CuO}$  dan  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . Yang diberi variasi adalah unsur Gd yaitu 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4. Setelah menimbang serbuk sesuai dengan perhitungan, semua serbuk kemudian dicampur menjadi satu di dalam  $\text{HNO}_3$  kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama kurang lebih 24 jam. Selanjutnya larutan dipanaskan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai mengkerak. Selanjutnya dikalsinasi pada tungku pemanas (furnace) yang diatur pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Bahan yang telah dikalsinasi kemudian dilakukan sintering pada tungku pemanas selama 10 jam dengan suhu sintering  $900^{\circ}\text{C}$  selama 10 jam. Setelah disintering, selanjutnya sampel digerus kembali sampai membentuk serbuk halus. Serbuk ini kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan FTIR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Karakterisasi XRD

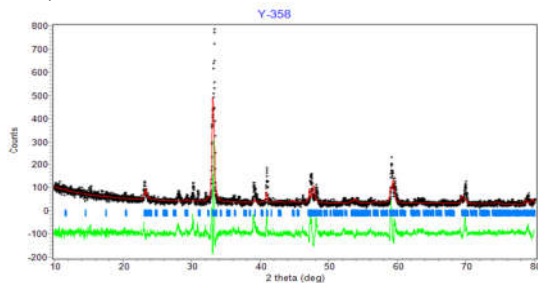
#### Superkonduktor $\text{Y}_{3-x}\text{Gd}_x\text{Ba}_5\text{Cu}_8\text{O}_{18-\delta}$

Karakterisasi XRD dilakukan pada sudut  $2\theta$  antara  $10^{\circ}$ – $90^{\circ}$ . Spektrum hasil karakterisasi XRD dari ke empat sampel superkonduktor  $\text{Y}_{3-x}\text{Gd}_x\text{Ba}_5\text{Cu}_8\text{O}_{18-\delta}$  yang digabung menjadi satu dengan variasi nilai  $x = 0,1, 0,2, 0,3,$  dan  $0,4$  dapat dilihat pada Gambar 2.

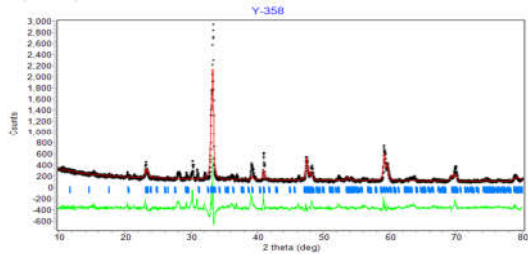


**Gambar 2** Pola XRD superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  dengan variasi nilai  $x=0,1, 0,2, 0,3$  dan  $0,4$ .

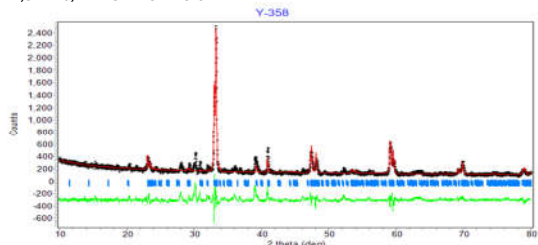
Selanjutnya hasil XRD di-Refinement dengan program rietica. Refinement merupakan pencocokan data terukur dari hasil XRD dengan data terhitung dari *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD). Refinement ini dilakukan dengan menggunakan referensi [1] yang mempunyai struktur kristal orthorombik dengan grup ruang Pmm2 No. 25 dengan nilai parameter kisi  $a = 3,9211 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,8514 \text{ \AA}$  dan  $c = 31,0170 \text{ \AA}$ .



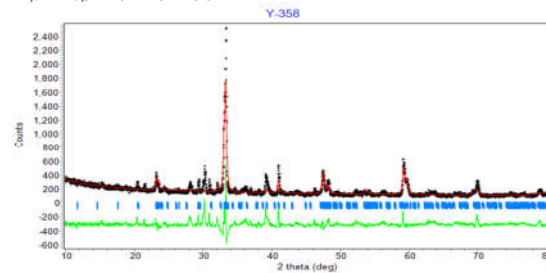
**Gambar 3** Hasil refinement superkonduktor  $Y_{2,9}Gd_{0,1}Ba_5Cu_8O_{18-\delta}$



**Gambar 4** Hasil refinement superkonduktor  $Y_{2,8}Gd_{0,2}Ba_5Cu_8O_{18-\delta}$



**Gambar 5** Hasil refinement superkonduktor  $Y_{2,7}Gd_{0,3}Ba_5Cu_8O_{18-\delta}$



**Gambar 6** Hasil refinement superkonduktor  $Y_{2,6}Gd_{0,4}Ba_5Cu_8O_{18-\delta}$

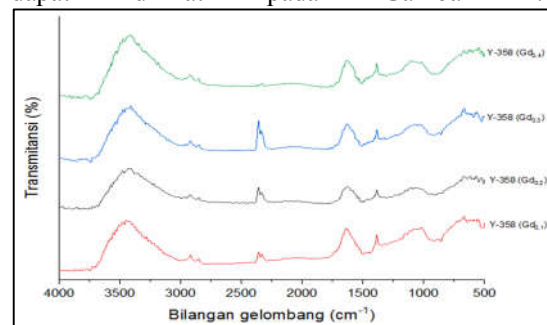
**Tabel 1** Parameter kisi  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$

| Sampel            | Parameter Kisi |          |           | $\chi^2$ |
|-------------------|----------------|----------|-----------|----------|
|                   | a (Å)          | b (Å)    | c (Å)     |          |
| Gd <sub>0,1</sub> | 3,838267       | 3,784541 | 30,621809 | 3,204    |
| Gd <sub>0,2</sub> | 3,836952       | 3,790550 | 30,254430 | 5,718    |
| Gd <sub>0,3</sub> | 3,835818       | 3,820195 | 30,236952 | 4,072    |
| Gd <sub>0,4</sub> | 3,835403       | 3,822933 | 30,227880 | 2,117    |

**B. Hasil Analisis Superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  menggunakan FTIR**

Berikut merupakan hasil perbandingan analisis superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

Spektrum hasil karakterisasi FTIR yang digabung menjadi satu dari sampel superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  yang dikalsinasi dengan menggunakan suhu  $600^\circ C$  selama 3 jam dan yang disintering dengan menggunakan suhu  $900^\circ C$  selama 10 jam dengan variasi nilai x yaitu 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4 dapat dilihat pada Gambar 7



**Gambar 7** Perbandingan spektrum FTIR superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  yang dikalsinasi menggunakan suhu  $600^\circ C$  dan yang disintering

dengan menggunakan 900°C dengan variasi  $x$  yaitu 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4

Berikut merupakan data gugus fungsi yang didapatkan pada bilangan gelombang yang dimiliki oleh sampel superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Gugus Fungsi pada bilangan gelombang sampel superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$

| No | Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> ) |                            |                            |                            | Gugus Fungsi  |
|----|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
|    | Y-358 (Gd <sub>0,1</sub> )             | Y-358 (Gd <sub>0,2</sub> ) | Y-358 (Gd <sub>0,3</sub> ) | Y-358 (Gd <sub>0,4</sub> ) |   |
| 1  | 642,30                                 | 642,30                     | 592,15                     | 599,86                     | Aromatik Mono   |
| 2  | 856,39                                 | 908,47                     | 858,32                     | 856,39                     | Aromatik Para   |
| 3  | 1502,55                                | 1502,54                    | 1514,12                    | 1514,12                    | Alkohol Anhidrida Eter, Ester, asam karboksilat Nitro (N=O)             |
| 4  | 2879,72                                | 2991,59                    | 2951,09                    | 2991,59                    | Alkil C-H (Stretching)  |
| 5  | 3464,15                                | 3464,15                    | 3462,22                    | 3460,30                    | Alkohol, Fenol, Asam Karboksilat OH (asam karboksilat, ikatan hidrogen) |

**KESIMPULAN**

Pola difraktogram yang dihasilkan oleh masing-masing sampel dengan variasi nilai  $x$  yaitu 0,1, 0,2, 0,3 dan 0,4 hampir sama, baik pola puncaknya maupun posisi sudut  $2\theta$  nya, akan tetapi mempunyai nilai intensitas yang berbeda. Secara umum dapat diketahui bahwa hasil karakterisasi XRD memunculkan puncak-puncak yang tajam yang menandakan kristalisasi telah terjadi dengan baik.

Pengaruh variasi unsur Gd<sub>0,1</sub>, Gd<sub>0,2</sub>, Gd<sub>0,3</sub> dan Gd<sub>0,4</sub> pada superkonduktor  $Y_{3-x}Gd_xBa_5Cu_8O_{18-\delta}$  mengakibatkan berubahnya nilai parameter kisi  $a$  yaitu 3,838267 Å; 3,836952 Å; 3,835818 Å; 3,835403 Å dan  $b$  yaitu 3,784541 Å; 3,790550 Å; 3,820195 Å; 3,822933 Å serta nilai parameter kisi  $c$  yaitu 30,621809 Å; 30,254430 Å; 30,236952 Å dan 30,227880 Å. Masing-masing sampel memiliki gugus fungsi yang sama pada bilangan gelombang tertentu. Gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing sampel adalah Aromatik Mono, Aromatik Para,

Alkohol Anhidrida Eter, Ester, Asam karboksilat Nitro (N=O), Alkil C-H (Stretching), Alkohol fenol, Asam karboksilat OH (alkohol, fenol, ikatan hidrogen).

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua yang membantu dan mendukung dalam penyusunan makalah ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] D. A. Landinez, M. Cambrera Baez and J. Roa-Rojas, Grupo de Fisica de Nuevos Materiales. Universidad Nacional de Colombia, A. A. 5997, Bogota DC, Colombia (2012)

[2] S. Juhari, Variasi Suhu kalsinasi dan Sintering dalam Sintesis Bahan Superkonduktor B i-2212. Skripsi S1 Fisika FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung (2005)

[3] W. G. Suharta, Sintesis, Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Superkonduktor REBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> (RE = Nd, Eu, Gd).” Laporan Disertasi, (2013).