

## Pengaruh Substitusi Unsur Nd dan Eu Pada Struktur Kristal Superkonduktor Y-124 ( $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$ )

### Effect of Variation Substitution of Nd and Eu on the Crystal Structure of Y-124 Superconductor ( $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$ )

Laura Laudensia Senly Jalut<sup>1</sup>, Wayan Gede Suharta<sup>1\*</sup>, Windaryoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: [laudensia@student.unud.ac.id](mailto:laudensia@student.unud.ac.id); [\\*wgsuharta@gmail.com](mailto:wgsuharta@gmail.com); [windaryoto@unud.ac.id](mailto:windaryoto@unud.ac.id)

**Abstrak** – Pada penelitian ini telah dilakukan substitusi unsur Nd dan Eu pada superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  (Y-124) yang menggunakan senyawa  $Y_2O_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $CuO$ ,  $Nd_2O_3$  dan  $Eu_2O_3$  dengan variasi molar Nd (x) dan Eu (y), masing-masing sebesar 0, 0,05, 0,1, 0,15 dan 0,2 untuk mengetahui pengaruh substitusi unsur Nd dan Eu pada fraksi volume dan struktur kristal superkonduktor Y-124. Sampel disintesis menggunakan metode pencampuran basah dengan  $HNO_3$  sebagai pelarut, diikuti dengan proses kalsinasi pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  selama 3 jam dan proses sintering pada suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$  selama 10 jam. Analisis struktur superkonduktor Y-124 dilakukan dengan karakterisasi X-ray Diffraction (XRD) dan Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan spektrum halus dan tajam yang mengindikasikan bahwa kristalisasi telah terjadi dengan sempurna. Spektrum yang dihasilkan didominasi oleh fase Y-124 serta terdeteksi keberadaan fase impuritas dengan persentase kecil. Substitusi unsur Nd dan Eu menghasilkan fraksi volume masing-masing sebesar 82,7 %, 83,6 %, 84,4 %, 87,0 % dan 85,9 %. Nilai fraksi volume mengalami peningkatan pada penambahan unsur Nd dan Eu dari 0 sampai 0,15, lalu mengalami penurunan pada 0,2. Hal tersebut mengindikasikan bahwa optimalisasi penambahan Nd dan Eu adalah pada nilai 0,15 dalam perbandingan molar senyawa. Substitusi unsur Nd dan Eu juga mengakibatkan perubahan parameter kisi ke arah sumbu a dengan nilai antara 3,7549 dan 3,8323 Å, ke arah sumbu b dengan nilai antara 3,8094 dan 3,8425 Å, serta ke arah sumbu c dengan nilai antara 26,7390 dan 26,8970 Å. Hasil FTIR menunjukkan terdapatnya pita absorpsi daerah YBCO, namun pada sampel masih mengandung pengotor yang diindikasikan berasal dari  $BaCO_3$  dan  $HNO_3$ .

**Kata kunci:** Sintesis, superkonduktor, karakterisasi, parameter kisi, fraksi volume

**Abstract** – In this study, the substitution of elements Nd and Eu on the superconductor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  (Y-124) has been carried out using compounds  $Y_2O_3$ ,  $BaCO_3$ ,  $CuO$ ,  $Nd_2O_3$  and  $Eu_2O_3$  with molar variations of Nd (x) and Eu (y), respectively. 0, 0,05, 0,1, 0,15 and 0,2 respectively to determine the effect of Nd and Eu substitution on the volume fraction and crystal structure of the superconducting Y-124. Samples were synthesized using wet mixing method with  $HNO_3$  as solvent, followed by calcination process at  $600\text{ }^\circ\text{C}$  for 3 hours and sintering process at  $900\text{ }^\circ\text{C}$  for 10 hours. Analysis of the structure of the superconducting Y-124 was carried out by characterizing X-ray Diffraction (XRD) and Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results of XRD characterization showed a fine and sharp spectrum which indicated that crystallization had occurred completely. The resulting spectrum was dominated by the Y-124 phase and a small percentage of the impurities were detected. Substitution of Nd and Eu elements resulted in volume fractions of 82,7 %, 83,6 %, 84,4 %, 87,0 % and 85,9 %, respectively. The volume fraction value increased with the addition of Nd and Eu from 0 to 0,15, then decreased at 0,2. This indicates that the optimization of the addition of Nd and Eu is at a value of 0,15 in the molar ratio of compounds. The substitution of Nd and Eu elements also causes changes in the lattice parameters towards the a-axis with values between 3,7549 and 3,8323 Å, towards the b-axis with values between 3,8094 and 3,8425 Å, and towards the c-axis with values between 26,7390 and 26,8970 Å. The FTIR results show the presence of an absorption band in the YBCO region, but the sample still contains impurities which are indicated to come from  $BaCO_3$  and  $HNO_3$ .

**Key words:** Synthesis, superconductors, characterization, lattice parameters, volume fraction

## 1. Pendahuluan

Superkonduktor ditemukan pertama kali oleh Heike Kamerlingh Onnes pada tahun 1911. Superkonduktor merupakan bahan yang memiliki hambatan jenis (resistivitas) bernilai nol pada suhu yang sangat rendah, yang artinya dapat menghantarkan arus listrik tanpa adanya hambatan di bawah suhu tertentu (suhu kritis) [1, 2].

Superkonduktor sistem YBCO ditemukan oleh Wu dan kawan-kawan [3] mempunyai rumusan stoikiometri  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (Y-123) dengan suhu kritis ( $T_c$ ) sekitar 90 K. Sifat superkonduktor Y-123 sangat bergantung pada jumlah kandungan oksigen, dimana nilai delta ( $\delta$ ) pada rumusan kimia  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  harus berada antara 0,5 dan 1 ( $0,5 < \delta < 1$ ). Berbagai cara telah dilakukan oleh peneliti untuk meningkatkan kualitas bahan superkonduktor, diantaranya adalah dengan mengganti unsur penyusun utama superkonduktor dan menggunakan beberapa metode sintesis. Superkonduktor sistem Y-123 dikembangkan menjadi superkonduktor sistem (RE) $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  dengan mengganti blok Y dengan blok RE yang tersusun oleh unsur tanah jarang (*rare earth element*). Unsur tanah jarang Nd, Eu, Gd, Sm, Pr dan Dy merupakan bahan magnetik dan diharapkan dapat memperbesar suhu kritis ( $T_c$ ), rapat arus kritis ( $J_c$ ) dan medan magnet kritis ( $H_c$ ) [4, 5]. Keunggulan superkonduktor RE-123 dibandingkan superkonduktor Y-123 adalah karena ketahanan fisiknya dan mempunyai suhu kritis, medan magnetik kritis dan rapat arus kritis yang lebih besar dari pada Y-123 [6, 7].

Superkonduktor yang sejenis dengan superkonduktor Y-123 adalah superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_{8-\delta}$  (Y-124) dengan menambah rantai Cu, dan mempunyai suhu kritis sekitar 80 K [8, 9]. Penelitian mengenai superkonduktor Y-124 masih sangat sedikit dilakukan oleh peneliti, baik mengenai substitusi suatu unsur, metode sintesis maupun kajian mikroskopis secara umum, sehingga masih banyak hal yang perlu dilakukan untuk menghasilkan superkonduktor Y-124 yang siap untuk diaplikasikan.

Struktur kristal superkonduktor Y-124 adalah orthorombik dengan parameter kisi ke arah sumbu-a, b dan c, masing-masing adalah 3,8320 Å, 3,8680 Å dan 27,1200 Å [10]. Salah satu peneliti yang telah melakukan substitusi unsur pada superkonduktor Y-124 adalah H.N. Hidayah dan kawan-kawan. Hidayah dan kawan-kawan telah mensubstitusi superkonduktor Y-123 dan Y-124 dengan unsur Ca, yaitu  $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Ca}_x\text{O}_{7-\delta}$  dan  $\text{YBa}_2\text{Cu}_{4-x}\text{Ca}_x\text{O}_{8-\delta}$  [11]. Substitusi unsur Ca dari 0 sampai 0,15 ternyata menurunkan nilai suhu kritis dari 83 K menjadi 71 K untuk superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{Ca}_x\text{O}_{7-\delta}$  dan dari 84 K menjadi 74 K untuk superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_{4-x}\text{Ca}_x\text{O}_{8-\delta}$ . Hal tersebut diakibatkan penurunan konsentrasi hole oleh penambahan unsur Ca.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_{8-\delta}$  dengan substitusi unsur tanah jarang, yaitu Nd (*Neodimium*) dan Eu (*Europium*), sehingga rumusan kimia Y-124 berubah menjadi menjadi  $\text{Y}_{1-x-y}\text{Nd}_x\text{Eu}_y\text{Ba}_2\text{Cu}_4\text{O}_{8-\delta}$ . Metode sintesis yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pencampuran basah dengan tujuan untuk menghasilkan campuran dengan kehomogenan yang tinggi. Pada penelitian ini diamati struktur kristal, perubahan fraksi volume dan perubahan parameter kisi superkonduktor  $\text{Y}_{1-x-y}\text{Nd}_x\text{Eu}_y\text{Ba}_2\text{Cu}_4\text{O}_{8-\delta}$  dari hasil karakterisasi XRD dan FTIR serta analisis data menggunakan program *Match* dan *Rietica*.

## 2. Metode Penelitian

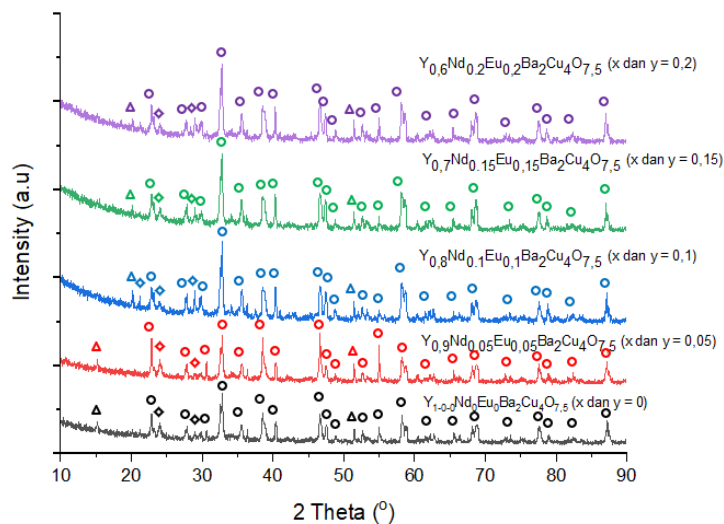
Pada penelitian ini dilakukan substitusi unsur Nd dan Eu pada superkonduktor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$  sehingga rumus molekulnya menjadi  $\text{Y}_{1-x-y}\text{Nd}_x\text{Eu}_y\text{Ba}_2\text{Cu}_4\text{O}_{8-\delta}$  dengan variasi molar x dan y sama yaitu masing-masing sebesar 0,0 0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2. Sampel dibuat dari bahan awal berupa serbuk  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ , CuO,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  yang ditimbang sesuai konsep stoikiometri. Serbuk yang telah ditimbang disintesis dengan metode pencampuran basah menggunakan larutan  $\text{HNO}_3$  sebagai pelarut. Masing-masing bahan awal dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kurang lebih selama 24 jam untuk memperoleh campuran yang homogen. Sampel dalam bentuk campuran homogen dipanaskan pada suhu 100 °C sampai terjadi endapan dan mengerak. Sampel berupa endapan digerus dan dikalsinasi pada suhu 600 °C selama 3 jam menggunakan *furnace*. Selanjutnya, sampel hasil kalsinasi disintering pada suhu 900 °C selama 10 jam. Sampel dari hasil proses sintering kemudian digerus untuk menghasilkan serbuk halus untuk dikarakterisasi XRD dan FTIR. Untuk mengetahui keberhasilan proses sintesis dilakukan analisis menggunakan program *Match 3* dan *Rietica*.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil karakterisasi X-Ray diffraction (XRD)

Karakterisasi XRD dilakukan pada sudut  $2\theta$  antara  $10-90^\circ$ . Pola difraksi hasil karakterisasi XRD sampel superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan variasi penambahan Nd dan Eu (0, 0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2) diperlihatkan pada Gambar 1. Secara umum, hasil difraksi XRD memperlihatkan spektrum (puncak-puncak) yang halus dan tajam, yang menandakan bahwa kristalisasi sudah terjadi dengan sempurna dengan intensitas yang berbeda. Hasil difraksi semua sampel memperlihatkan pola yang hampir sama, khususnya kemunculan puncak-puncak pada sudut  $2\theta$  tertentu. Selanjutnya spektrum dari hasil difraksi dianalisis dengan menggunakan program *Match 3*.

Analisis spektrum XRD menggunakan program *Match 3* bertujuan untuk mengidentifikasi fase  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dan fase pengotor pada sampel superkonduktor dengan mengacu pada referensi *database* berupa PDF (*Powder Diffraction File*). Secara umum, spektrum didominasi oleh kemunculan fase  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  yang diberi simbol lingkaran (o) dengan mengacu pada data PDF nomor 96-153-4757 [12], seperti terlihat pada Gambar 1. Spektrum XRD juga memperlihatkan kemunculan senyawa Y-123 dengan simbol segitiga ( $\Delta$ ) dan  $BaCO_3$  dengan simbol belah ketupat ( $\diamond$ ) yang merupakan senyawa pengotor (impuritas). Fase impuritas Y-123 dan  $BaCO_3$  mengacu pada data PDF berturut-turut dengan nomor 153-9704 [13] dan 045-1471[14].



**Gambar 1.** Hasil *search match* pada spektrum dari senyawa  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan variasi nilai x dan y yaitu 0, 0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2.

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan program *Match 3* maka dilakukan perhitungan fraksi volume yang bertujuan untuk mengetahui persentase kemunculan fase  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dalam sampel. Perhitungan fraksi volume menggunakan rumusan yang diperlihatkan pada persamaan (1) [15]:

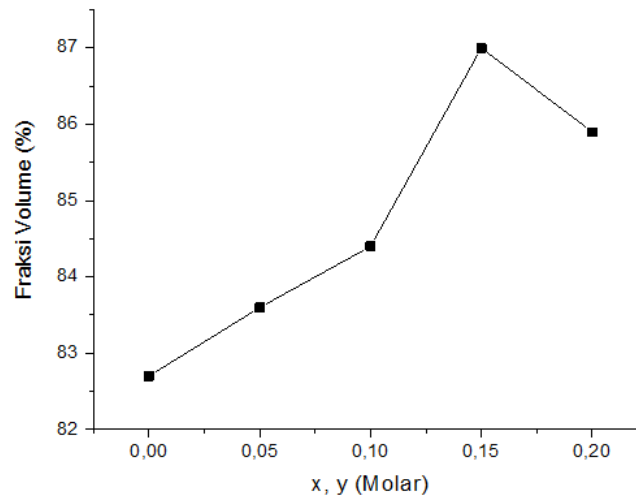
$$F_V = \frac{\sum I_{Y-124}}{I_{Total}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana  $F_V$  adalah fraksi volume,  $I_{Y-124}$  adalah intensitas fasa Y-124 dan  $I_{total}$  adalah intensitas total. Hasil perhitungan fraksi volume sampel diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil perhitungan fraksi volume  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan program *Match 3*.

No.	Sampel	Fraksi Volume (%)
1.	$Y_{1-0}Nd_0Eu_0Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	82,7
2.	$Y_{0,9}Nd_{0,05}Eu_{0,05}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	83,6
3.	$Y_{0,8}Nd_{0,1}Eu_{0,1}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	84,4
4.	$Y_{0,7}Nd_{0,15}Eu_{0,15}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	87,0
5.	$Y_{0,6}Nd_{0,2}Eu_{0,2}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	85,9

Untuk melihat pola perubahan fraksi volume fase Y-124 dengan penambahan unsur Nd dan Eu, maka hasil perhitungan fraksi volume digambarkan dalam sebuah kurva yang diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik perubahan fraksi volume terhadap variasi Nd (x) dan Eu (y) = 0, 0,05, 0,1, 0,15 dan 0,2 pada sampel superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$ .

Berdasarkan hasil perhitungan fraksi volume yang diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa penambahan unsur Nd dan Eu (0, 0,05, 0,1, dan 0,15 molar) pada superkonduktor fase Y-124 mengakibatkan nilai fraksi volume bertambah besar (82,7%, 83,6%, 84,4% dan 87,0%). Sedangkan penambahan unsur Nd dan Eu sebesar 0,2 justru menurunkan nilai fraksi volume. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penambahan unsur Nd dan Eu hanya efektif menumbuhkan fase Y-124 ( $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$ ) pada nilai x dan y sebesar 0,15, yang juga merupakan nilai optimal dari penambahan unsur Nd dan Eu. Penambahan unsur Nd dan Eu yang lebih besar dari 0,15 akan menimbulkan pertumbuhan fase impuritas yang lebih besar, berakibat buruk pada sifat superkonduktornya.

Analisis *Rietveld* adalah metode *refinement* atau pencocokan pola difraksi model dengan pola difraksi yang teramati menggunakan metode kuadrat terkecil (*least squares*) untuk menentukan nilai parameter kisi. Pada penelitian ini *refinement* dilakukan dengan menggunakan program *Rietica* [16] serta mengacu pada *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) nomor 30037 yang merupakan kristal dengan system ortorombik, space grup AMMM, nomor 65 [10].

Hasil *refinement* dinyatakan dalam parameter-parameter yang menunjukkan derajat kesesuaian antara profil difraksi hasil perhitungan dan profil difraksi hasil pengamatan, yaitu dinyatakan dengan faktor profil ( $R_p$ ), faktor profil terbobot ( $R_{wp}$ ),  $R_{exp}$  dan indeks *goodness-of-fit* (GoF). Nilai GoF adalah hasil bagi nilai  $R_{wp}$  dengan  $R_{exp}$  ( $GoF = R_{wp}/R_{exp}$ ) [17]. Hasil *refinement* sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan variasi x dan y masing-masing sebesar 0, 0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2 diperlihatkan pada Tabel 2.

Nilai GoF untuk sampel uji pada penelitian ini berkisar antara 2,70 dan 3,12. Nilai tersebut masih cukup besar, walaupun sudah lebih kecil dari 4 yang merupakan nilai batas maksimum yang diperkenankan untuk sebuah proses penghalusan. Demikian pula untuk nilai-nilai  $R_p$  ( $11,68 \leq R_p \leq 14,44$ ),  $R_{wp}$  ( $17,02 \leq R_{wp} \leq 19,59$ ) dan  $R_{exp}$  ( $5,71 \leq R_{exp} \leq 7,26$ ) sudah lebih kecil dari 20 yang merupakan nilai batas maksimum yang diperkenankan [17].

Semua sampel sudah membentuk struktur kristal ortorombik dengan nilai parameter kisi a berkisar antara 3,7549 dan 3,8323 Å, parameter kisi b antara 3,8094 dan 3,8425 Å, parameter kisi c antara 26,7390 dan 26,8970 Å. Kenaikan dan penurunan nilai parameter kisi a, b dan c sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  yang diperoleh pada penelitian ini tidak menunjukkan suatu pola tertentu sejalan dengan penambahan unsur Nd dan Eu. Akan tetapi secara umum nilai parameter kisi yang diperoleh pada sampel uji sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Karen *et al* pada tahun 1992 dengan nomor ICSD 30037 [10]. Hasil sintesis superkonduktor Y-124 oleh P. Karen menghasilkan nilai parameter kisi a, b dan c masing-masing sebesar 3,8320 Å, 3,8680 Å dan 27,1200 Å. Apabila hasil sampel uji dan sampel dari P. Karen dibandingkan maka terdapat perbedaan sebesar 1,31 % untuk parameter kisi a, 0,72 % untuk parameter kisi b dan 1,32 % untuk parameter kisi c.

**Tabel 2.** Nilai Parameter Kisi (a, b, dan c),  $R_p$ ,  $R_{wp}$ ,  $R_{exp}$ , dan GoF sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$ .

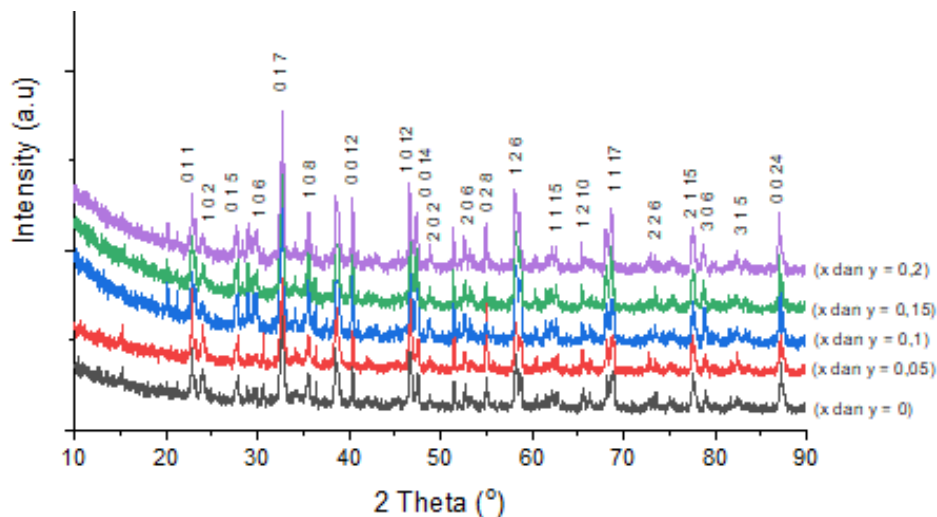
Sampel	Parameter Kisi			$R_p$	$R_{wp}$	$R_{exp}$	GoF
	a (Å)	b (Å)	c (Å)				
$Y_1Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	3,7819(2)	3,8401(3)	26,7617(6)	14,44	19,59	7,26	2,70
$Y_{0,9}Nd_{0,05}Eu_{0,05}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	3,7650(4)	3,8352(5)	26,7390(4)	13,64	19,39	7,09	2,73
$Y_{0,8}Nd_{0,1}Eu_{0,1}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	3,7549(1)	3,8094(2)	26,8122(4)	12,16	17,80	5,71	3,12
$Y_{0,7}Nd_{0,15}Eu_{0,15}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	3,7855(3)	3,8384(3)	26,8047(3)	11,68	17,02	5,82	2,92
$Y_{0,6}Nd_{0,2}Eu_{0,2}Ba_2Cu_4O_{8-\delta}$	3,8323(2)	3,8425(6)	26,8970(5)	12,09	17,33	5,78	3,00

Hasil *refinement* juga menghasilkan nilai Indeks Miller dari spektrum yang terbentuk, dengan memanfaatkan hubungan hukum Bragg dan jarak antar bidang pada struktur kristal orthorombik yang diperlihatkan pada persamaan (2) dan (3) [18].

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \quad (2)$$

$$d_{hkl} = \frac{1}{\left[\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}\right]^{1/2}} \quad (3)$$

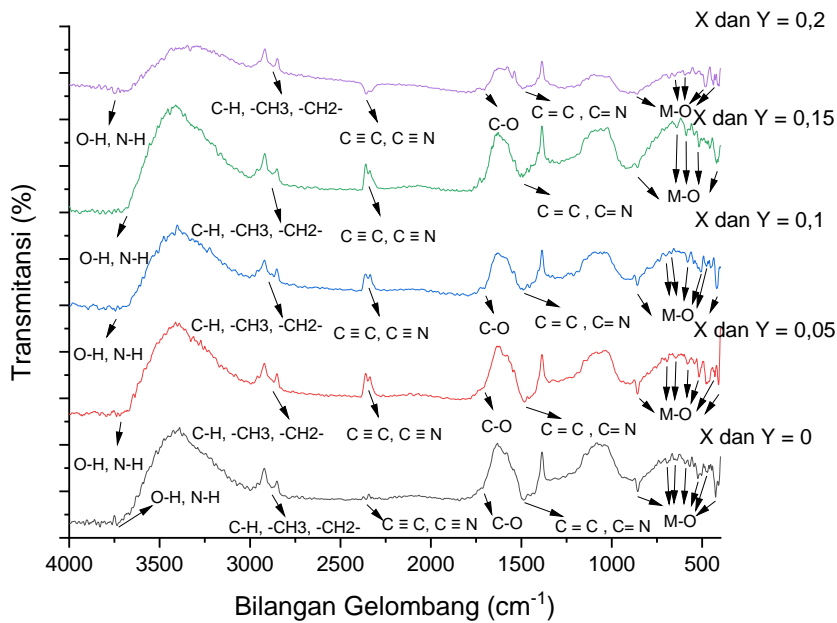
Dimana  $n$  adalah orde difraksi,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X,  $d_{hkl}$  adalah jarak antar bidang,  $\theta$  adalah sudut difraksi,  $h$ ,  $k$ , dan  $l$  adalah Indeks Miller serta  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  adalah nilai parameter kisi. Nilai Indeks Miller masing-masing spektrum berdasarkan hasil *refinement* diperlihatkan pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Spektrum difraksi sinar-X dan Indeks Miller dengan  $x$  dan  $y = 0, 0,05, 0, 1, 0,15$  dan  $0,2$ .

### 3.2 Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Sampel Superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  diamati menggunakan FTIR yang merupakan alat spektroskopi berbasis *infrared*, dimana hasil penembakan *infrared* akan ditampilkan berupa spektrum-spektrum. Hasil spektrum karakterisasi sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan  $x$  dan  $y$  adalah 0, 0,05, 0,1, 0,15 dan 0,2 yang menggunakan alat FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pola spektrum yang dibentuk oleh sampel superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan variasi  $x$  dan  $y = 0, 0,05, 0,1, 0,15$ , dan 0,2 memiliki bentuk pola yang hampir serupa. Pola yang serupa pada sampel superkonduktor ini dikarenakan senyawa penyusun ke-5 sampel superkonduktor secara umum sama, namun dengan perbedaan variasi  $x$  dan  $y$  sebesar 0, 0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2 dimana perbedaan variasi ini ditandai dengan perbedaan intensitas transmitansi pada setiap sampel. Gugus fungsi untuk sampel superkonduktor  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan variasi  $x$  dan  $y = 0, 0,05, 0,1, 0,15$ , dan 0,2 dapat dilihat pada Tabel 3.



**Gambar 4.** Spektrum FTIR sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan x dan y = 0, 0,05, 0, 1, 0,15 dan 0,2.

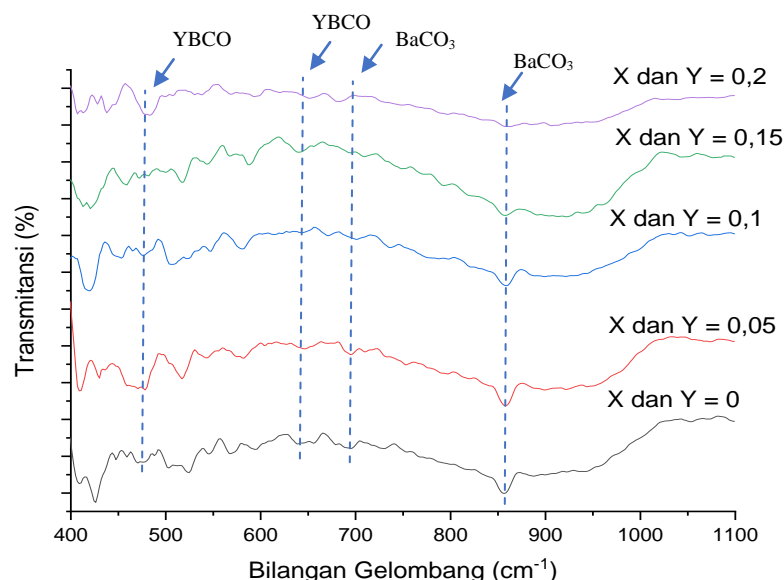
**Tabel 3.** Gugus fungsi Sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  dengan x dan y = 0, 0,05, 0, 1, 0,15 dan 0,2.

Gugus Fungsi	Referensi (cm <sup>-1</sup> )	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )				
		Y-124 (0)	Y-124 (0,05)	Y-124 (0,1)	Y-124 (0,15)	Y-124 (0,2)
M-O	400-1010	426,27	430,13	420,48	412,77	437,84
		470,63	470,63	476,42	-	484,13
		524,64	516,92	505,35	516,92	-
		594,08	574,79	580,57	588,29	594,08
		644,22	646,15	671,23	640,37	651,94
		694,37	694,37	702,09	-	-
C = C , C= N	1675-1450	1487,12	1481,33	1490,97	1504,48	1494,83
C-O stretch	1900-1650	1714,72	1716,65	1703,14	-	1705,07
C ≡ C stretch, C ≡ N	2400-2100	2357,01	2349,3	2347,37	2347,37	2357,01
C-H, -CH <sub>3</sub> Stretch, -CH <sub>2</sub> -	3000-2700	2879,72	2868,15	2868,15	2877,79	2870,08
O-H stretch, N-H	3750-3000	3736,12	3738,05	3743,83	3709,11	3745,76

M = logam; <sup>a</sup> [19-22]

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa spektrum yang dibentuk terjadi pada bilangan gelombang yang hampir sama, namun pita yang dibentuk masih dalam rentang gugus fungsi yang sama. Tabel 3 merupakan daerah transmitansi yang terdapat pada rentang 400-4000 cm<sup>-1</sup>, yang merupakan daerah serapan *Infrared*. Puncak transmitansi pada rentang bilangan gelombang 2700 – 3750 cm<sup>-1</sup> yang merupakan gugus fungsi dari C-H, O-H, dan N-H diduga berasal dari HNO<sub>3</sub> yang merupakan larutan awal yang digunakan pada sampel. Puncak transmitansi pada rentang bilangan gelombang 400-1010 cm<sup>-1</sup> adalah daerah ikatan logam dan oksigen yang terdapat pada sampel, yang mengindikasikan daerah dari YBCO termasuk fase impuritas Y<sub>2</sub>BaCuO<sub>5</sub> dan BaCO<sub>3</sub> seperti yang terdapat pada Gambar 5. Adanya puncak transmitansi pada bilangan gelombang kisaran 690 cm<sup>-1</sup> dan kisaran 856 cm<sup>-1</sup> menandakan adanya ikatan karbonat, dimana pita tersebut diindikasikan dengan BaCO<sub>3</sub> yang menandakan sampel mengandung pengotor dari BaCO<sub>3</sub> seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5 [21, 23, 24]. Pada Gambar 5 dapat dilihat, pada bilangan gelombang kisaran 470 dan 644 cm<sup>-1</sup> terdapat puncak transmitansi yang menandakan terdapatnya ikatan dari YBCO.





**Gambar 5.** Spektrum FTIR sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  bilangan gelombang 400-1100  $cm^{-1}$ .

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan variasi Nd dan Eu sebesar 0, 0,05, 0,1, 0,15 dan 0,2 pada sampel  $Y_{1-x-y}Nd_xEu_yBa_2Cu_4O_{8-\delta}$  (Y-124) menyebabkan perubahan fraksi volume masing-masing sebesar 82,7%, 83,6%, 84,4%, 87,0% dan 85,9%. Dari hasil pengamatan diperoleh titik jenuh penambahan unsur Nd dan Eu pada penambahan 0,15 molar dengan nilai fraksi volume 87,0%. Penambahan unsur Nd dan Eu juga mengakibatkan perubahan parameter kisi ke arah sumbu a dengan nilai antara 3,7549 Å dan 3,8323 Å, ke arah sumbu b dengan nilai antara 3,8094 Å dan 3,8425 Å, dan ke arah sumbu c dengan nilai antara 26,7390 Å sampai 26,8970 Å. Hasil FTIR sudah menunjukkan terdapatnya puncak daerah YBCO, namun pada sampel masih mengandung pengotor yang diindikasikan berasal dari  $BaCO_3$  dan  $HNO_3$ .

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian jurnal ini yaitu Laboratorium Bersama Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana atas segala fasilitas yang diberikan dalam penelitian publikasi ilmiah ini.

#### Pustaka

- [1] F. Reviana, Pembentukan Fase Bahan Superkonduktor Bi-2223 dengan Doping Pb (BPSCCO-2223) pada Kadar Ca= 2,10 dengan Variasi Suhu Sintering, *Skripsi*, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2013.
- [2] M. Savitri, S. R. Khayati, Y. Maryati, *et al.*, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Superkonduktor  $YBa_2Cu_3O_7$ , *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Dapertemen Fisika FMIPA universitas Padjadjaran, Vol. 05, No. 02, 2015, 35 -38.
- [3] M. K. Wu, J. R. Ashburn, C. J. Torng, *et al.*, Superconductivity at 93 K in a New Mixed-phase Y-Ba-Cu-O Compound System at Ambient Pressure, *Physical Review Letters*, Vol. 58, No.9, 1987, 908-910.
- [4] K. Nisa, Sintesis dan Karakterisasi  $FeTe_{1-x}S_x$  dengan Metode Pemaduan Mekanik dan Perlakuan Panas Sebagai Material Superkonduktor, *Skripsi*, Universitas Airlangga, Surabaya, 2016.
- [5] I. G. C. Pradhana, W. G. Suharta and I G. A. Widagda, Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Struktur Kristal Superkonduktor  $Y_{0,5}La_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , *Buletin Fisika*, Vol.17, No.1, 2016, 34-40.

- [6] M. M. A. Dihom, Microstructure and Superconducting Properties of Y-Ba(Ca/K)-Cu-O (Y-123 and Y-358) Systems Synthesized Using Thermal Treatment Method, *Tesis*, Universitas Putra Malaysia, Malaysia, 2018.
- [7] W. G. Suharta, Sintesis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Superkonduktor  $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (RE = Nd, Eu, Gd), *Disertasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.
- [8] U. Topal, M. Akdogan and H. Ozkan, Electrical and Structural Properties of  $RE_3Ba_5Cu_8O_{18}$  (RE = Y, Sm and Nd) Superconductors, *Springer, J Supercond Nov Magn* 4, 2011, 2099–2102.
- [9] M. Verma and V. S. Tomar, Comparison of Co and Ni Doping at Copper Sites in Y-124 High Temperature Superconductor, *Elsevier, Physica C* 272, 1996, 35-341.
- [10] P. Karen, A. Kjekshus and F. Andresen, Superconducting and Structural Properties of Strontium-Substituted  $YBa_2Cu_4O_8$ , *Acta Chemica Scandinavica*, Vol. 46, 1992, 1059-1064.
- [11] H.N. Hidayah, S.Y. Yahya, H. Azhan, *et al.*, The Comparisons Between Y-123 and Y-124 Superconductor Substituted with Ca at the Cu-Site, *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, Vol 26, 2013, pp 953-957.
- [12] H. Schwer, E. Kaldis, J. Karpinski, *et al.*, Effect of Structural Changes on the Transition Temperatures in  $Y_2Ba_4Cu_7O_{14+x}$  Single Crystals, *Physica C*, Vol. 211, 1993, 165-178.
- [13] R. J. Cava, A.W. Hewat, E. A. Hewat, *et al.*, Structural Anomalies, Oxygen Ordering and Superconductivity in Oxygen Deficient  $Ba_2YCu_3O_x$ , *Physica C (Amsterdam)* 165, 1990, 419-433.
- [14] A. Kern, A. Geyer and W. Eysel, Miner-Petrog, Inst. Heidelberg, Germany, ICDD Grant-in-Aid, 1993.
- [15] K. P Wijaya, Suprihatin and P. Manurung, Variasi Kadar  $CaCO_3$  Terhadap Pertumbuhan Fasa Superkonduktor BPSCCO-2223 Menggunakan Metode Pencampuran Basah, *Journal Aplikasi, Informasi, Elektronika dan Komputer*, Vol.2, No. 1, 2020, 80-89.
- [16] B.A. Hunter, Rietica for Windows Version 4.0., IUCR Powder Diffraction 22, 21, 1997.
- [17] A. Mukminin, Analisis kuantitatif Fasa dan Parameter Kristal Abu Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculate* L) Hasil Kalsinasi Suhu Tinggi Menggunakan Metode Rietveld, *Jurnal Chemurgy*, Vol.2, No.2, 2018, 15-19.
- [18] B. D. Cullity, *Elements of X-Ray Diffraction*, 2<sup>nd</sup> ed., USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1978, 84 and 501.
- [19] A. A. Damayanti, Identifikasi Bilangan Gelombang Daun Sirih (*Piper sp.*) Menggunakan Metode Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Principal Component Analysis (PCA), *Skripsi*, Universitas Udayana, Denpasar, 2020.
- [20] L. Rahman and D. K Maharani, Kajian Karakterisasi Spektrofotometri Infra Merah dan Difraksi Sinar X Katalis Oksida Logam Cu/Ni/ $\gamma$ - $Al_2O_3$ , *Unesa Journal of Chemistry*, Vol.2 No. 3, 2013, 109-111.
- [21] M. Sumadiyasa, I G. A. P. Adnyana, I G. A. Widagda, *et al.*, Analisis Spektra FTIR Bahan Superkonduktor Fase (GD,LA)  $Ba_2Cu_3O_{7-\Delta}$ , *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, Udayana University Press, Kuta, 2015, Oktober 2015, 1644-1650.
- [22] A. T. H. Pertiwi, Sintesis N'-Benzilidensinamoihidrazida dan N'-(4-Metoksibenziliden) Sinamoihidrazida dari Bahan Awal Asam Sinamat dengan Iradiasi Gelombang Mikro, *Skripsi*, Universitas Airlangga, Surabaya, 2016.
- [23] V. A. Maroni, J. L. Reeves and G. Schwab, On-line Characterization of YBCO Coated Conductors Using Raman Spectroscopy Methods, *Applied Spectroscopy*, Vol.61, Number 4, 2007, 359-366.
- [24] V. Ischenko, J. Woltersdorf, E. Pippel, *et al.*, Formation of Metastable Calcite-type Barium Carbonate During Low-temperature Decomposition of (Ba, Ti)-precursor Complexes, *Solid State Sciences*, 2007, 303-309.