

## ARTIKEL RISET

# Perubahan Struktur Kristal Fase ( $Gd_{1-x}La_x$ ) $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dengan $x \leq 0,25$

Made Sumadiyasa\*, Nyoman Wendri and Ni Nyoman Rupiasih

## Ringkasan

Telah dilakukan sintesis senyawa ( $Gd_{1-x}La_x$ ) $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  dengan  $x \leq 2,5$ . Sintesis dilakukan dengan metode reaksi padatan dengan pencampuran basah. Penelitian ditunjukkan untuk mengetahui perubahan struktur kisi kristal dari fase  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  jika dilakukan substitusi La terhadap Gd. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD). Dengan menggunakan software Match 3, dan Rietica diperoleh bahwa pada semua sampel telah terbentuk senyawa fase  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  dengan struktur kristal bersimetri orthorombik. Dari perubahan nilai parameter kisi kristalnya mengindikasikan bahwa peningkatan kandungan La mengakibatkan perubahan simetri dari orthorombik menjadi tetragonal. Dari visualisa struktur kisi kristal dapat diamati adanya perubahan posisi dari O(2) dan O(3) yaitu dengan bertambahnya kandungan La posisi O(2) dan O(3) cenderung bergeser mendekati ke arah kation Ba.

**Kata Kunci** : pencampuran basah, ( $Gd_{1-x}La_x$ ) $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , structure, orthorombic, tetragonal, substitution of La

## Abstract

Has been conducted synthesis of the ( $Gd_{1-x}La_x$ ) $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  phase with  $x \leq 2.5$ . Synthesis is done by solid reaction method with wet mixing. The study was aimed at obtaining information about the crystal lattice structure change from the  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  phase if La substitution was performed on Gd. The synthesis results were characterized by X-Ray Diffraction (XRD). Using Match 3 Software and Rietica it was found that in all samples has been formed  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  phase compound with orthorhombic insymmetry crystal structure. From the change of the change of the crystal lattice paameter value indicates that the increase of La content resulted in symmetry change from orthorombic to tetragonal. From this visualization of the crystal lattice structure with the Diamon software it can be observed that there is a change in position of O(2) and O(3), that is, with the increase of La content the positions of O(2) and O(3) tend to move closer to the Ba cation.

**Keywords**: wet mixing; ( $Gd_{1-x}La_x$ ) $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ; structure; orthorombic; tetragonal; substitution of La

## I. Pendahuluan

Fase  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  yang mana telah diketahui dapat memiliki dua fase dengan struktur yang berbeda, yaitu dalam simetri tetragonal yang mana adalah ber-Tc rendah bahkan non-superkonduktif dan dalam simetri orthorombik yang dapat memiliki Tc  $\sim 92$  K dengan skema seperti Gambar 1.1 [1a, 1b]. Perubahan struktur direpresentasikan oleh perubahan parameter kisinya. Seiring dengan meningkatnya kandungan oksigen pada fase ortorombik, parameter

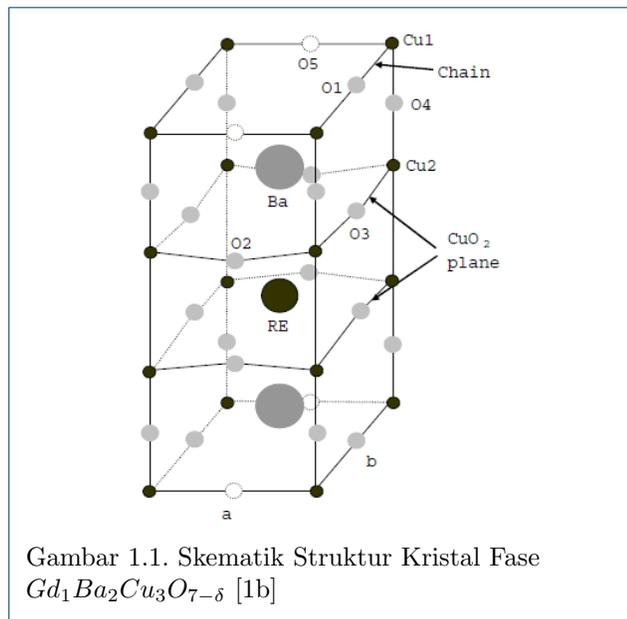
kisi a (arah sumbu-X) dan c (arah sumbu-Z) menurun sedangkan parameter kisi b-nya (arah sumbu-Y) meningkat [2]. Diungkapkan bahwa perubahan parameter kisi c adalah antara 11,8391 (Å) dalam simetri tetragonal sampai 11,660 (Å) dalam simetri ortorombik. Fase non superkonduktif memiliki struktur tetragonal dengan kelompok ruang P4/mmm dengan lokasi O(1) dan O(5) sama-sama terisi atau sama-sama tidak terisi oksigen. Sebaliknya, fase superkonduktif pada suhu kritis tinggi di mana  $0 \leq \delta \leq 0,2$  berstruktur ortorombik dengan kelompok ruang Pmmm di mana O(1) terisi oleh oksigen sedangkan O(5) tidak terisi oksigen. Diperoleh bahwa sifat superkonduktivitas sangat terkait dengan struktur kristal, yaitu terdapat hubungan

\*Correspondence: sumadiyasaunud.ac.id

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, 80361 Bali, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

† Equal contributor



antara parameter kisi  $c$  dengan jumlah kandungan oksigennya yang pada gilirannya berdampak pada suhu kritis  $T_c$ . Tujuan panduan ini adalah untuk membuat makalah yang sesuai dengan aturan baku Risalah Fisika. Untuk hal-hal yang tidak tercantum di panduan ini, silahkan mengacu pada petunjuk umum yang dapat diperoleh.

Senyawa  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  merupakan salah satu superkonduktor be- $T_c$  tinggi [3] [4]. Struktur kristal senyawa  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  adalah serupa dengan superkonduktor fase  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1 [1b] di mana atom RE adalah Gd. Dari strukturnya, tampak terdiri atas tumpukan bidang/lapisan oksida dan diduga berperan penting dalam aktivitas superkonduksi. Lapisan logam oksida, yaitu blok rantai  $Cu - O_x$  dan  $Ba - O$  berperan sebagai reservoir yang memberikan (*supply*) pembawa muatan ke dalam blok aktif lapisan  $Cu - O_2 - Gd - Cu - O_2$  [5].

Dalam rangka mempelajari peranan lapisan pemisah dari lapisan  $Cu - O_2$  dalam blok aktif, pada penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa  $(Gd_{1-x}La_x)Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Dalam hal ini, Gd dan La memiliki valensi yang sama yaitu +3 akan tetapi jari-jari ion  $Gd^{+3}$  dan  $La^{+3}$  adalah berbeda, yaitu masing-masing 1,075 Å dan 1,172 Å. Akan tetapi dalam artikel ini pembahasan hanya terbatas pada dampak variasi kandungan La (La) terhadap perubahan struktur kristal pada fase  $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  yang terbentuk.

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan proses sintesis senyawa  $Gd_{1-x}La_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  dengan metode pencampuran basah [6]. Bahan-bahan dasar yang digunakan adalah  $Gd_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $BaO$ ,  $CuO$ , dan sebagai pelarut digunakan  $HNO_3$  pekat. Variasi nilai molar  $x$  (La) adalah terbatas pada 0,0, 0,05, 0,15, dan 0,25. Langkah-langkah sintesis sebagaimana diperlihatkan pada diagram alir Gambar 2.1.

Hasil sintesis dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) pada sudut  $2\theta$  antara  $5^\circ - 60^\circ$ . Untuk mengetahui keberadaan fase  $(Gd_{1-x}La_x)Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  dan fase pengotornya *Match 3*. Untuk mengetahui perubahan struktur kristalnya dilakukan perhitungan parameter kisi  $a$ ,  $b$  dan  $c$  dengan menggunakan *software* Rietica. Sedangkan untuk menggambar struktur kisi kristalnya (*unit cell*) digunakan *software* Diamond 3.2.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

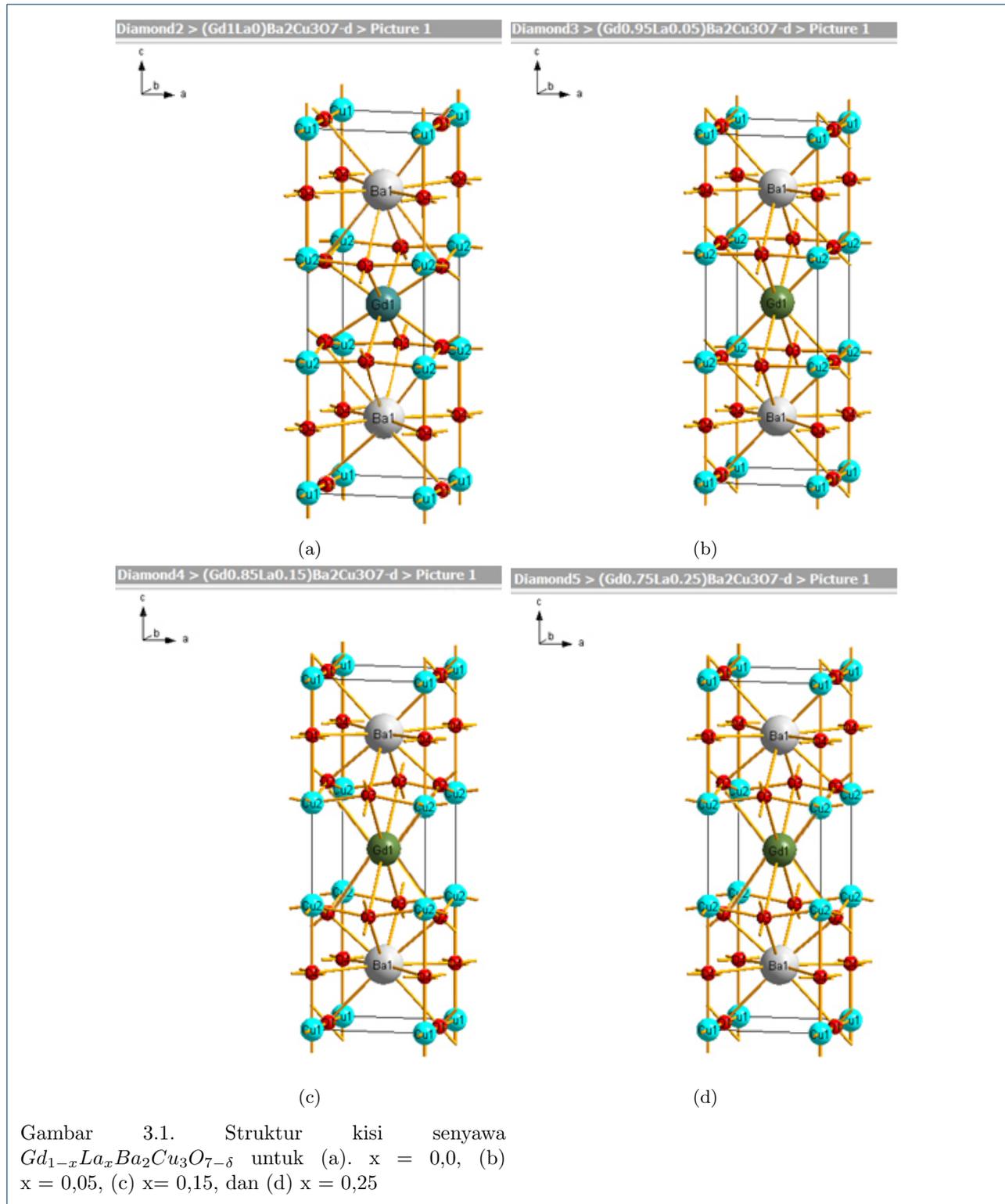
Tabel 3.1. Nilai parameter kisi senyawa  $(Gd_{1-x}La_x)Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$

Variasi Nilai Molar $x$ (La)	Parameter Kisi		
	$a(\text{Å})$	$b(\text{Å})$	$c(\text{Å})$
0	3,8572(5)	3,9005(6)	11,6991(3)
0,05	3,8678(4)	3,8986(1)	11,6911(6)
0,15	3,8610(4)	3,8916(5)	11,7195(5)
0,25	3,8781(4)	3,8959(3)	11,7315(9)

Hasil karakterisasi XRD telah dianalisis dengan menggunakan *software* Rietika, dan diperoleh perubahan parameter kisi sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 3.1. Dari Tabel 3.1 dapat teramat bahwa seluruh sampel adalah bersimetri orthorombik. Tampak adanya perubahan nilai parameter kisi : nilai parameter kisi dalam sumbu  $a$  dan  $c$  berubah ke arah nilai yang lebih besar dengan bertambahnya kandungan La. Sedangkan nilai parameter kisi  $b$  berubah ke arah nilai yang lebih kecil dengan bertambahnya kandungan La. Adanya perubahan nilai parameter kisi  $a$  dan  $b$  yang berlawanan dengan bertambahnya kandungan La mengindikasikan bahwa penggantian sebagian Gd dengan La mengakibatkan struktur kisi kristal fase  $Gd_{1-x}La_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  cenderung berubah dari orthorombik ke arah tetragonal. Sedangkan perubahan nilai parameter  $c$  memberi indikasi adanya perubahan kandungan oksigen di dalam unit sel [6]. Dalam hal ini, diperoleh bahwa dengan bertambahnya kandungan La terjadi penurunan kandungan oksigen atau peningkatan nilai defisiensi oksigen  $\delta$  non-stoikiometri dari fase  $Gd_{1-x}La_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Visualisasi struktur kisi kristal senyawa  $(Gd_{1-x}La_x)Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  dengan menggunakan *Diamond* 3.2 sebagaimana diperlihatkan pada





Pustaka

1. a R. Beyer, T. M. Sha, *The Structure of  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  and Its Derivatives*, **Solid**

**State Physics, Vol. 42**, Academic Press. Inc, 1989, 135 - 212.

- b S., R. Ghorbani. **Structural and Electrical**

**Transport Properties of Doped Nd-123**

**Superconductors**, Doctoral Dissertation, Royal Institute of Technology, Solid State Physics, Departement of Physics & IMIT. Stockholm, 2002, pp 1-5

2. Paola Benzi, Elena Bottizzo, Nicoletta Rizzi, Oxygen Determination From Cell Dimensions in YBCO Superconductors, *Journal of Crystal Growth* **269**, 2004, 625-629.
3. F. Prado, A. Caneiro, A. Serquis, High temperature thermodynamic properties, orthorhombic/ tetragonal transition and phase stability of GdBaCuO and related R123 compounds, *Physica C*, **295**, 1998, pp.235-246
4. J. H. Durrell, A. R Dennis, J Jaroszynski, M D Ainslie, K G B Palmer, Y-H Shi, A M Campbell, J Hull, M Strasik, E E Hellstrom and D A Cardwell, A trapped field of 17.6T in melt-processed, bulk Gd-Ba-Cu-O reinforced with shrink-fitsteel, *Supercond Sci Technol.* **27**, 2014, pp.082001
5. A. V. Narlikar, **High Temperature Superconductivity, Materials Aspect of High-Temperature Superconductors for Application**, Springer, Berlin, 2004
6. M. Sumadiyasa, I. G. A. Putra Adnyana, I. G. A. Widagda, W. G. Suharta, Study synthesis of  $(Gd_{1-x}La_x)Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  superconductors at low temperature, *Journal of Physics: Conference Series*, **725**, 2016, pp.012001