

Pengaruh Suhu Sintering terhadap Pembentukan Senyawa $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$

Effect of Sintering Temperature on Formation of $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ Compounds

Asni Mulyati Jeni¹, Made Sumadiyasa^{1*}, Ida Bagus Made Suryatika¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: asnijeni22@gmail.com, *sumadiyasa@unud.ac.id, suryatikabiofisika@unud.ac.id

Abstrak – Telah dilakukan penelitian variasi suhu sintering antara 900 °C - 950 °C selama 12 jam pada sintesis fase $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ tersubstitusi La dan Sr dengan komposisi stoikiometri $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa senyawa $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ dapat terbentuk secara maksimal. Sampel dengan komposisi $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ dibuat dari bahan awal Gd_2O_3 , La_2O_3 , BaO , Sr_2O_3 dan CuO . Sampel disintesis dengan menggunakan metode reaksi padatan (solid-state reaction) dengan pencampuran basah (wet-mixing) dengan asam nitrat (HNO_3) sebagai pelarut. Sampel disintering dalam bentuk pelet di dalam tungku tanpa pemberian annealing gas oksigen. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD) dan dianalisis dengan Program Match-3. Dengan menggunakan referensi Entry number 96-153-9606, hasil analisisnya menunjukkan bahwa suhu sintering adalah berdampak terhadap pembentukan senyawa fase $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$. Memerlihatkan bahwa fraksi volume bertambah seiring dengan bertambahnya suhu sintering, terutama pada suhu 930 °C sampai dengan 950 °C. Fraksi volume tertinggi sebesar 75,43% didapat pada sampel yang disintering pada suhu 950 °C. Hasil refinemen dengan metode analisis Rietveld menunjukkan fase $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ yang terbentuk adalah dalam simetri ortorombik. Volume unit sel adalah cenderung meningkat seiring bertambahnya suhu sintering.

Kata kunci: Suhu sintering, senyawa $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$, fraksi volume, ortorombik, volume unit sel

Abstract – Research has been conducted variations in sintering temperature between 900 °C – 950 °C for 12 hours on the synthesis phase of $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ substituted La and Sr with stoichiometric composition $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$. This study is intended to find out at what temperature the compound $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ can be formed to the maximum. Samples with composition $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ made from the raw materials Gd_2O_3 , La_2O_3 , BaO , Sr_2O_3 and CuO . Samples are synthesized using solid-state reaction method by wet mixing with nitric acid (HNO_3) as solvent. The sample is sintering in the form of pellets in the furnace without annealing of oxygen gas. The synthesis results were characterized by X-Ray Diffraction (XRD) and analyzed with the Match-3 Program. By using the Entry number 96-153-9606, the results of its analysis showed that sintering temperature had an impact on the formation of phase compounds $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$. Show that the volume fraction is increases with increasing of the sintering temperature, especially from temperatures of 930 °C to 950 °C. The highest volume fraction of 75.43% was obtained in samples that sintering at 950 °C. Refinement results with Rietveld analysis method showed phase $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ formed is in orthorhombic symmetry. The volume of cell units is likely to increase as the temperature increases.

Keyword: Sintering temperature, $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7-\delta}$ compound, volume fraction, orthorhombic, cell unit volume

1. Pendahuluan

Salah satu material superkonduktor bersuhu tinggi yang masih banyak diteliti sampai saat ini adalah material superkonduktor $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Gd-123) yang memiliki $T_c \sim 94$ K [1]. Supaya superkonduktor

tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal masih perlu ditingkatkan T_c , J_c , dan unjuk kerjanya di dalam medan magnet. Untuk tujuan tersebut, telah dilakukan penggantian sebagian Gd dengan La dan Ba dengan Sr baik secara terpisah maupun secara bersamaan [2-4].

Pada substitusi La terhadap Gd dengan komposisi $Gd_{1-x}La_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ diperoleh bahwa senyawa dengan komposisi $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ memperlihatkan fraksi volume $\sim 78\%$ [2]. Kemudian, pada substitusi unsur Sr terhadap Ba dengan komposisi $Gd_1Ba_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$ diperoleh fraksi volume $\sim 88\%$ untuk $x=0,05$ [3]. Sementara itu, pada sintesis senyawa $Gd_{0,85}La_{0,15}Ba_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$ untuk $x=0,05$ diperoleh fraksi volume 82,6% [4]. Pada ketiga penelitian tersebut suhu *sintering*nya adalah 900 °C. Bahan awal yang digunakan adalah senyawa oksida Gd_2O_3 , La_2O_3 , BaO, SrO dan CuO dengan titik leleh berturut-turut 2.420°C, 2.325°C, 2.325 °C, 2.531°C, dan 1.326 °C. Karena perbedaan titik leleh senyawa La_2O_3 dan SrO ada kemungkinan terjadinya perubahan suhu *sintering* untuk pembentukan fase $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ tersubstitusi La dan Sr. Oleh karena itu penting dilakukan penelitian untuk menentukan pada suhu berapa fase $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ tersubstitusi La dan Sr dapat terbentuk secara maksimal. Pada penelitian pengaruh suhu dan waktu *sintering* terhadap fase superkonduktor $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ dengan variasi suhu *sintering* 800 °C-950 °C yang dilakukan oleh Purwamargapratala dkk. diperoleh bahwa kondisi penumbuhan fasa $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ maksimum adalah pada suhu *sintering* 950 °C [5]. Pada penelitian ini telah dilakukan variasi suhu *sintering* antara 900 °C-950 °C selama 12 jam untuk pembentukan senyawa $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ tersubstitusi La dan Sr khususnya untuk komposisi $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu_3O_7$.

2. Landasan Teori

Setelah penemuan superkonduktor $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ oleh Bednorz dan Muller dengan suhu kritis sekitar 30 K, selanjutnya Wu *et al.* mengganti unsur La dengan unsur Y dan dapat meningkatkan suhu kritis menjadi 90 K pada superkonduktor $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO) [6]. Kemudian dengan mengganti blok Y dengan blok RE maka rumusan kimia superkonduktor $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ berubah menjadi $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ dengan suhu kritis 93 K. Unsur *rare earth* (RE) merupakan unsur tanah jarang seperti Nd, Eu, Gd, Dy, Sm, Ho dan Er [7].

Zhuo *et al.* telah meneliti bagaimana efek substitusi Sr terhadap Ba untuk superkonduktor $Hg_{0,7}Pb_{0,3}Ba_2Ca_2Cu_3O_y$ [8]. Diperoleh bahwa garis ireversibilitas untuk senyawa tersubstitusi Sr jauh lebih tajam dibandingkan dengan sampel murni. Dari analisis magnetisasi reversibelnya, ditemukan bahwa fluktuasi magnetisasi jauh berkurang pada sampel yang tersubstitusi Sr. Kekuatan *interlayer-kopling* dapat ditingkatkan dengan substitusi Sr. Medan kritis atas $H_{C2}(0)$ dari sampel tersubstitusi Sr adalah sekitar dua kali dari sampel tanpa Sr.

Toulemonde *et al.* pada tahun 2004 telah meneliti bagaimana pengaruh tekanan kimia Sr pada superkonduktivitas pada $Hg_2(Ba_{1-y}Sr_y)_2YCu_2O_{8-\delta}$ [9]. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa sampel tersubstitusi Sr menunjukkan T_c yang meningkat dengan substitusi Sr yaitu mencapai 42 K untuk $y = 1,0$. Dari difraksi neutron diperoleh bahwa terjadi penurunan jarak ikatan Ba/Sr-O, dan mengakibatkan penyusutan terhadap ikatan Cu-O *in-plane* (sumbu-a) dan Cu-O *apical* (sumbu-c). Kandungan Sr mengakibatkan perubahan struktur dan mempengaruhi transfer muatan antara *reservoir* dan blok superkonduktif yang mana bertanggung jawab pada peningkatan T_c . Liyanawaduge *et al.* telah meneliti sifat magnetik dan medan kritis atas (B_{c2}) superkonduktor polikristalin $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ [10]. Secara struktur, terjadi pengurangan parameter kisi terutama dalam arah sumbu-c. Pada sampel tersubstitusi Sr yang rendah terjadi peningkatan kerapatan arus kritis (J_c), medan kritis atas (B_{c2}).

Superkonduktor sistem GBCO dengan rumusan kimia $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ memiliki struktur kristal ortorombik atau tetragonal yang serupa dengan struktur $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dimana atom Y diganti dengan atom Gd [11]. Strukturnya ortorombik atau tetragonal tergantung pada kandungan oksigennya (nilai δ) [12]. Fase non-superkonduktif memiliki atom oksigen yang terdistribusi secara acak pada posisi O(1) yang berada pada sumbu-y (parameter kisi b) dan O(5) yang berada pada sumbu-x (parameter kisi a), sehingga strukturnya adalah bersimetri tetragonal. Sebaliknya, fase superkonduktif YBCO-123 pada suhu kritis yang tinggi dimana nilai δ pada rentang $0,0 \leq \delta \leq 0,2$ oksigen pada posisi O(5) adalah kosong, strukturnya adalah bersimetri ortorombik [12].

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini disintesis senyawa Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu₃O_{7-δ} dengan fokus pada variasi suhu *sintering*. Penelitian ini menggunakan bahan awal serbuk Gd₂O₃ (99,99%), La₂O₃ (99,99%), BaO (99,99%), Sr₂O₃ (99,99%) dan CuO (99,99%). Metode yang digunakan adalah metode reaksi padatan (*solid state reaction*) dengan pencampuran basah (*wet mixing*) menggunakan larutan HNO₃ [2, 3]. Bahan awal ditimbang sesuai dengan stoikiometri senyawa Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu₃O_{7-δ} dengan berat total 20 gram. Semua serbuk dicampurkan di dalam 100 ml HNO₃ diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 200 °C sampai terbentuk kerak. Sampel yang berbentuk kerak dipanaskan kembali pada suhu 300 °C selama 3 jam dalam tungku pemanas (*furnace*) kemudian didinginkan dan digerus. Sampel yang telah digerus tersebut dikalsinasi di dalam tungku pemanas pada suhu 400 °C selama 2 jam, 500 °C selama 2 jam dan 600 °C selama 6 jam. Sampel hasil kalsinasi digerus kemudian dicetak menjadi 10 pelet dalam cetakan berdiameter 15 mm dengan alat *press* hidrolik pada tekanan 500 kPa. Sampel pelet kemudian *disintering* pada tungku pemanas pada suhu 900 °C, 920 °C, 930 °C, 940 °C dan 950 °C masing-masing selama 12 jam.

Sampel senyawa Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu₃O_{7-δ} hasil *sintering* dikarakterisasi dengan XRD dalam bentuk *Bulk* pada sudut 2θ antara 5° sampai dengan 90°. Data hasil XRD (intensitas dalam satuan *count per second* (cps) dan sudut 2θ dalam satuan derajat (°) dianalisis dengan program *Match-3*. Dalam hal ini, pertama dilakukan identifikasi apakah pada sampel sudah/belum terbentuk fase GdBa₂Cu₃O_{7-δ}. Kedua dilakukan *refinement* dengan metode analisis *Rietveld* untuk mengetahui parameter kisi dan volume sel satuan. Dari hasil analisis dilakukan perhitungan fraksi volume dengan rumus:

$$FV = \frac{\text{Jumlah Intensitas Puncak Difraksi Gd-123}}{\text{Jumlah Intensitas Seluruh Puncak Difraksi}} \quad (1)$$

Persamaan ini memberikan gambaran berapa banyak (dalam %) fase GdBa₂Cu₃O_{7-δ} yang terbentuk pada sampel. Perubahan struktur kristal disamping dapat dilihat dari adanya perubahan volume unit sel juga dilihat dari perubahan keortorombikannya (*orthorhombicity*) melalui perhitungan dengan Persamaan (2) [13].

$$\text{Orthorombicity} (\eta) = \frac{a - b}{2(a + b)} \quad (2)$$

dengan *a* dan *b* adalah parameter kisi masing-masing dalam arah sumbu-x dan y.

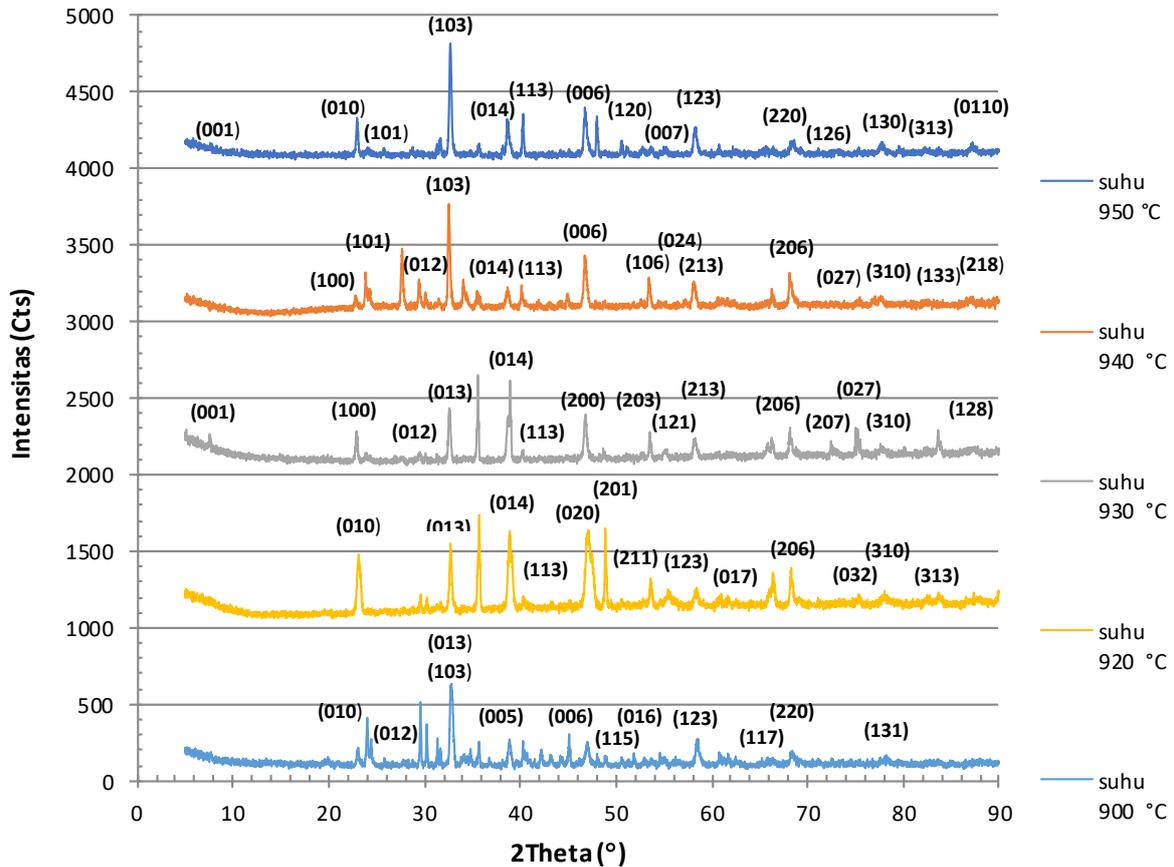
4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil karakterisasi XRD senyawa Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu₃O_{7-δ} yang *disintering* pada suhu 900 °C, 920 °C, 930 °C, 940 °C, dan 950 °C selama 12 jam yang diperlihatkan dalam Gambar 1. Tampak spektrum dalam bentuk puncak-puncak (*peaks*) yang sempit-runcing. Ini mengindikasikan bahwa pada sampel telah terbentuk senyawa dalam bentuk kristal. Dengan analisis *search-match* menggunakan program *Match-3* diperoleh bahwa pola spektrum XRD dari sampel sesuai dengan pola difraksi XRD referensi fase Gd₁Ba₂Cu₃O_{7-δ} dengan *Entry number* 96-153-9606. Dari hasil *refinement* dapat ditandai puncak-puncak difraksi yang berasal dari bidang (hkl) yang sesuai dengan fase Gd₁Ba₂Cu₃O_{7-δ}, seperti diperlihatkan pada angka-angka di atas suatu puncak difraksi pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 tampak puncak-puncak difraksi telah memperlihatkan puncak-puncak utama dari fase Gd₁Ba₂Cu₃O_{7-δ} [2]. Puncak-puncak utama tersebut adalah

- Puncak-puncak difraksi dari bidang (hkl) = (013) dan (103) pada sudut 2θ antara 32,0° - 32,8°;
- Puncak-puncak difraksi dari bidang (hkl) = (020) dan (200) pada sudut 2θ antara 46,0° - 47,3°;
- Puncak-puncak difraksi dari bidang (hkl) = (123) dan (213) pada sudut 2θ antara 57,5° - 58,5°.

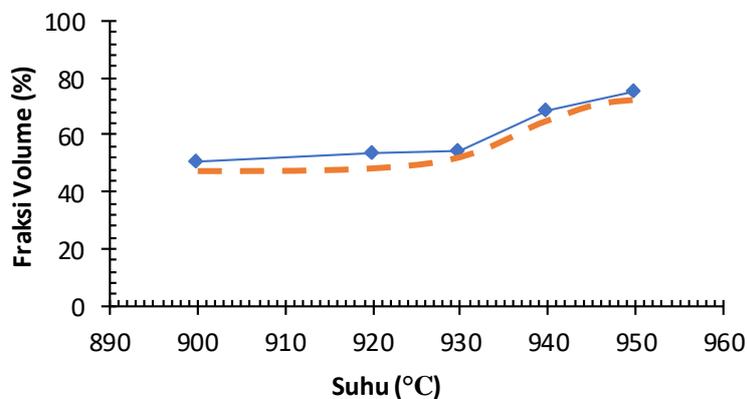
Berdasarkan hasil *refinement* dan pelabelan puncak-puncak yang sesuai sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan nilai intensitasnya maka dapat dihitung fraksi volume (FV) dengan menggunakan Persamaan (1). Hasil perhitungan fraksi volume untuk setiap sampel diperlihatkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 selanjutnya dapat dibuat grafik perubahan fraksi volume (%) seiring dengan bertambah tingginya suhu *sintering* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Pola spektrum XRD hasil karakterisasi sampel $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7.8}$ disintering selama 12 jam. Angka-angka di atas suatu puncak menunjukkan nilai (hkl) yang sesuai antara nilai (hkl) dari fase $Gd_1Ba_2Cu_3O_{7.8}$ dengan referensi entry number 96-153-9606.

Tabel 1. Hasil perhitungan fraksi volume.

| Suhu (°C) | Fraksi volume (%) |
|-----------|-------------------|
| 900 | 50,90 |
| 920 | 53,96 |
| 930 | 54,28 |
| 940 | 68,71 |
| 950 | 75,43 |



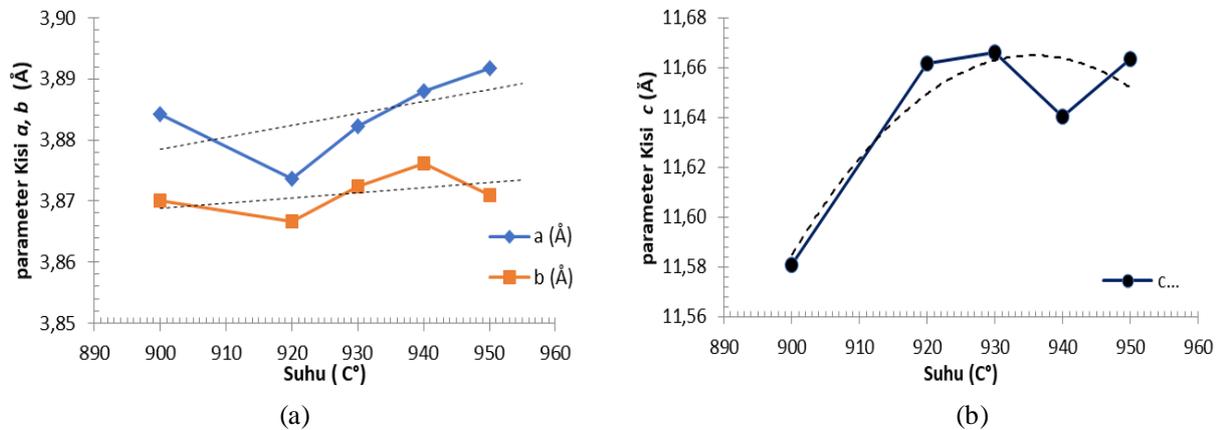
Gambar 2. Pengaruh variasi suhu *sintering* terhadap fraksi volume fase $Gd_{0.95}La_{0.05}Ba_{1.95}Sr_{0.05}Cu_3O_{7.8}$. Garis putus-putus pada gambar menunjukkan kecenderungan perubahan fraksi volume.

Dari grafik pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa fraksi volume cenderung meningkat dengan bertambah tingginya suhu *sintering*, terutama pada suhu *sintering* dari 930 °C sampai dengan 950 °C. Ini memberi indikasi bahwa suhu *sintering* sangat berpengaruh terhadap pembentukan senyawa $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu_3O_{7-\delta}$. Tetapi dalam penelitian ini, sampel belum memperlihatkan suhu *sintering* dimana fraksi volumenya maksimum dan persentase fraksi volume tertinggi diperoleh pada suhu *sintering* 950 °C, yaitu sebesar 75,43 %. Ini berarti sampel belum berfase tunggal, masih mengandung impuritas. Adanya impuritas tersebut ditunjukkan oleh adanya sejumlah puncak yang tidak terlabel pada Gambar 1. Penelitian tentang pertumbuhan fase $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ yang dilakukan oleh Purwamargapratala dkk. (2017) memperlihatkan pertumbuhan maksimum terjadi pada suhu *sintering* 950 °C [5].

Hasil *refinement* dengan metode analisis *Rietveld* (RIETAN) terhadap hasil karakterisasi XRD sampel $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu_3O_{7-\delta}$ diperoleh nilai parameter kisi dan volume unit sel diperlihatkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 selanjutnya dibuat grafik perubahan parameter kisi seiring dengan bertambahnya suhu *sintering*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3a dan 3b.

Tabel 2. Nilai Parameter Kisi dan Volume Unit Sel.

| Suhu <i>Sintering</i> | Parameter Kisi | | | Volume Unit Sel (\AA^3) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| | <i>a</i> (\AA) | <i>b</i> (\AA) | <i>c</i> (\AA) | |
| 900 °C | 3,8842±0,0015 | 3,8700±0,0019 | 11,5809±0,0062 | 174,08±0,14 |
| 920 °C | 3,8736±0,0026 | 3,8666±0,0027 | 11,6616±0,0062 | 174,67±0,19 |
| 930 °C | 3,8823±0,0009 | 3,8723±0,0009 | 11,6663±0,0031 | 175,39±0,07 |
| 940 °C | 3,8879±0,0021 | 3,8761±0,0027 | 11,6405±0,0099 | 175,42±0,21 |
| 950 °C | 3,8918±0,0018 | 3,8710±0,0008 | 11,6636±0,0060 | 175,71±0,13 |

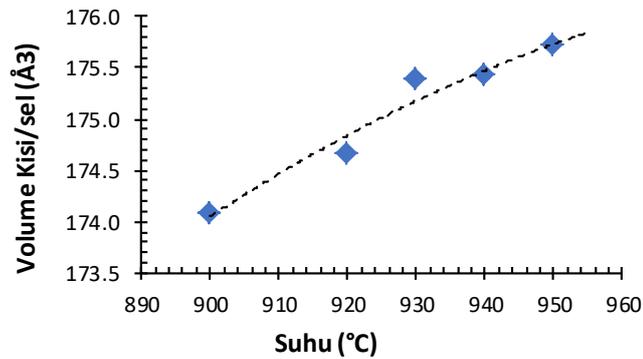


Gambar 3. Perubahan parameter kisi karena peningkatan suhu: (a) parameter kisi *a* dan *b*; (b) parameter kisi *c*. Garis putus-putus tidak merepresentasikan garis regresi, korelasi tetapi hanya untuk memperlihatkan kemungkinan arah kecenderungan perubahan parameter kisi.

Dari Gambar 3a dengan garis putus-putus dapat teramati bahwa nilai parameter kisi *a* dan *b* secara rata-rata cenderung bertambah besar seiring dengan bertambah tingginya suhu *sintering*. Sedangkan parameter kisi *c* adalah naik dari suhu *sintering* 900 °C sampai pada 930 °C kemudian cenderung menurun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3b. Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh suhu *sintering* terhadap parameter kisi *a*, *b* dan *c*.

Perubahan parameter kisi *a*, *b* dan *c* memberikan indikasi adanya perubahan volume unit sel, seperti diberikan pada kolom ke-4 pada Tabel 2. Grafik perubahan volume unit sel seperti pada Gambar 4, dapat teramati bahwa volume unit sel cenderung bertambah besar seiring bertambah tingginya suhu *sintering*. Ini dengan jelas memberikan petunjuk bahwa suhu *sintering* berpengaruh terhadap struktur kisi kristal.

Perubahan parameter kisi *a*, *b* dan *c* memberikan indikasi adanya perubahan volume unit sel, seperti diberikan pada kolom ke-4 pada Tabel 2. Grafik perubahan volume unit sel seperti pada Gambar 4, dapat teramati bahwa volume unit sel cenderung bertambah besar seiring bertambah tingginya suhu *sintering*. Ini dengan jelas memberikan petunjuk bahwa suhu *sintering* berpengaruh terhadap struktur kisi kristal.

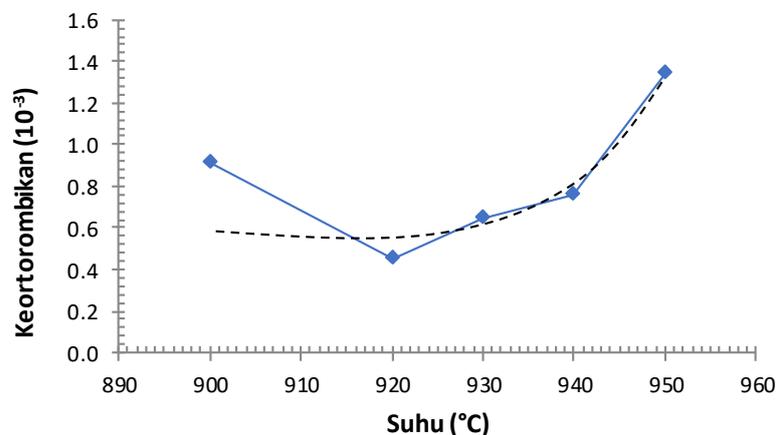


Gambar 4. Perubahan volume unit sel seiring bertambahnya suhu *sintering*.

Dari garis-garis putus-putus pada Gambar 3a tampak kecenderungan peningkatan parameter kisi a lebih besar dari peningkatan parameter kisi b . Ini diduga berhubungan dengan terjadinya distribusi penempatan oksigen dalam proses pemanasan dimana penempatan oksigen secara rata-rata pada sumbu a lebih besar dari pada b , akibatnya ekspansi parameter kisi a lebih besar dari pada ekspansi pada parameter kisi b . Karena adanya perbedaan penambahan parameter kisi a dan b tersebut mengakibatkan adanya perubahan keortorombikan (*orthorhombicity*) kisi kristal. Dengan menggunakan Persamaan (2) dan nilai parameter kisi pada Tabel 2, keortorombikan setiap sampel dapat dihitung dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3. Tampak nilai keortorombikan sangat kecil, kurang dari pada 0,1 (dalam orde 10^{-3}). Perubahan keortorombikan seiring bertambahnya suhu *sintering* diperlihatkan pada Gambar 5, tampak keortorombikan mula-mula dari suhu 900 °C ke 920 °C turun kemudian cenderung berubah naik sampai pada suhu *sintering* 920 °C.

Tabel 2. Nilai Keortorombikan.

| Suhu <i>Sintering</i> (°C) | Keortombikan ($\times 10^{-3}$) |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 900 | 0,9111 |
| 920 | 0,4483 |
| 930 | 0,6416 |
| 940 | 0,7580 |
| 950 | 1,3417 |



Gambar 5. Pengaruh variasi suhu *sintering* terhadap keortorombikan fase $\text{Gd}_{0,95}\text{La}_{0,05}\text{Ba}_{1,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

5. Kesimpulan

Dari penelitian variasi suhu *sintering* pada sintesis fase $\text{Gd}_{0,95}\text{La}_{0,05}\text{Ba}_{1,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, berdasarkan hasil karakterisasi XRD dan analisis dengan *software Match-3* dapat disimpulkan bahwa pertama, suhu *sintering* berpengaruh terhadap pembentukan fase $\text{Gd}_{0,95}\text{La}_{0,05}\text{Ba}_{1,95}\text{Sr}_{0,05}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Akan tetapi belum memperlihatkan adanya suhu *sintering* dimana terjadi fraksi volume maksimum. Hal ini diindikasikan dari

teramatinya bahwa fraksi volumenya bertambah besar seiring dengan bertambah tingginya suhu *sintering* sampai pada 950 °C dengan fraksi volume tertinggi 75,43 %. Kedua, suhu *sintering* berpengaruh terhadap struktur kristal fase $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu_3O_{7-\delta}$. Ini terindikasi dari teramatinya parameter kisi *a* dan *b* bertambah besar dengan bertambah tingginya suhu *sintering*. Sampai pada batas suhu *sintering* 950 °C kisi cenderung memiliki simetri ortorombik. Volume unit sel kisi kristal fase $Gd_{0,95}La_{0,05}Ba_{1,95}Sr_{0,05}Cu_3O_{7-\delta}$ bertambah besar dengan bertambahnya suhu *sintering*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada FMIPA Universitas Udayana yang telah memberikan dukungan dana untuk penelitian ini. Demikian juga kepada Laboratorium Eksperimen Fisika Material Program Studi Fisika FMIPA Universitas Udayana atas fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dikerjakan dengan baik.

Pustaka

- [1] Hott, R., Kleiner R., Wolf, T., and Gertrud Zwicknagl, Superconducting Materials – a Topical Overview. In: Narlikar, A., *Frontiers in Superconducting Materials*, Springer Verlag, Berlin, 2004, pp. 1-14. https://doi.org/10.1007/3-540-27294-1_1
- [2] Sumadiyasa, M., I. Gusti Agung Putra Adnyana, Nyoman Wendri, Putu Suardana, Synthesis and Characterization of GLBCO123 Phase: $Gd_{1-x}L_xBa_2Cu_3O_{7-d}$ ($x = 0.0 - 0.5$), *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, vol. 5, 2017, pp. 49-57. <https://doi.org/10.4236/msce.2017.511005>
- [3] Sumadiyasa, M., Wendri, N., Suardana, P. and Rupiasih, N., Effect of Substitution Sr Cations on the Structure in the $Gd_1(Ba_{2-x}Sr_x)Cu_3O_{7-\delta}$ Phases, *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, pp. 44-53. <https://doi.org/10.4236/msce.2020.81005>
- [4] Ida Bagus Alit Paramarta, Made Sumadiyasa, I K. W. S. Permana, *Sintesis Senyawa $Gd_{0,85}La_{0,15}Ba_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$ dengan $0 < x < 0,50$* , Laporan Penelitian Unggulan Program Studi, FMIPA Universitas Udayana, 2020.
- [5] Purwamargapratala, Y., Didin S. W., dan Engkir Sukirman, Pengaruh Suhu dan Waktu Sinter Terhadap Penuhunan Fasa Superkonduktor $GdBa_2CuO_{7-x}$, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Edisi khusus Oktober 2007, pp. 77-82.
- [6] W. Wong-Ng, L. P. Cook, H.B. Su, M. D. Vaudin, C. K. Chiang, D.R. Welch, E. R. Fuller, Jr, Z. Yang, L. H. Benett, Phase Transformation in the High T_c Superconducting Compounds RBa_2Cu_3O ($R = Nd, Sm, Gd, Y, Ho$ dan Er), *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.*, vol. 111, 2006, pp. 41-55.
- [7] Wu, X.S dan J.Gao, Superconductivity and Structural Changes in $Y_{0,8}Ca_{0,2}Ba_{2-x}Nd_xCu_3O_y$ Cuprates with $x \leq 0.50$, *Journal of Physica C*, Vol. 313, 1998, pp. 79-86.
- [8] Zhuo, Y., Su-Mi Oh, Jae-Hyuk Choi, Mun-Seog Kim., Sung-Ik Lee., N. P. Kiryakov., M. S. Kuznetsov and Sergey Lee., Effect of Sr Substitution on Dimensionality and Superconducting Properties of $Hg_{0,7}Pb_{0,3}Ba_2Ca_2Cu_3O_y$, *Journal of Phys Rev. B*, Vol. 60, 1999, pp.13094.
- [9] Toulemonde, P, Odier, P, Bordet, P, S Le Floch dan Suard, E., The effect of Sr Substitution on Superconductivity in $Hg_2(Ba_{1-y}Sr_y)_2YCu_2O_{8-\delta}$: I. A Neutron Powder Diffraction Study, *Journal of Physics Condensed Matter*, Vol.16, No.23, 2004, pp. 77-88.
- [10] Liyanawaduge, N. P, Shiva Kumar Singh, Anuj Kumar, Rajveer Jha, B.SB Karunarathne, V.PS Awana., Magnetization and Magneto-resistance in $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($x=0.00-0.50$) Superconductor, *Journal of Superconductor Science and Technology*, vol. 25, No.3, 2012, pp. 017-035.
- [11] Vinila, S. V., Jacob, R., Mony, A., Nair, G.H., Isaac, S., Rajana, S., Nair, S.A., Sathessh, J.D., Isaac, J., *Ceramic Nanocrystalline Superconductor Gadolinium Barium Copper Oxide (GdBaCuO) at Different Treating Temperatures*, CPT, vol. 4, 2014, pp.168-176.
- [12] Benzi, P., Elena Bottizzo dan Nicoletta Rizzi, Oxygen Determination From Cell Dimensions in YBCO Superconductors, *Journal of Crystal Growth*, vol. 269, 2004, pp. 625-629.
- [13] Wu, X.S., J. Gao, Superconductivity and Structural Changes in $Y_{0,8}Ca_{0,2}Ba_{2-x}Nd_xCu_3O_y$ Cuprates with $x \leq 0.5$, *Physica C*, vol. 313, 1999, pp. 79-86.