

Pengaruh Penambahan Perak (Ag) terhadap Pembentukan Superkonduktor Y-247 ($Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$) dengan Metode Wet Mixing

Effect of Silver (Ag) Addition on the Forming Of Y-247 Superconductors ($Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$) using Wet Mixing Method

A. A. Made Wisnu Wijaya Putra, W. G. Suharta*, P. Suardana

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: wisnu.wijaya@student.unud.ac.id; [*wgsuharta@gmail.com](mailto:wgsuharta@gmail.com); suardanaputu@unud.ac.id

Abstrak – Telah diteliti mengenai pengaruh penambahan perak (Ag) pada pembentukan superkonduktor Y-247 ($Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$) dengan metode wet-mixing. Proses sintesis dilakukan dengan kalsinasi pada suhu 600 °C selama 3 jam dan sintering pada suhu 925 °C selama 10 jam. Variasi peningkatan penambahan Ag yang digunakan adalah $Ag_{0,05}$, $Ag_{0,1}$, $Ag_{0,15}$ dan $Ag_{0,2}$. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD), menunjukkan peningkatan penambahan Ag mengakibatkan menurunnya fraksi volume, dimana fraksi volume yang diperoleh berturut-turut adalah 55,0%, 51,3%, 50,9% dan 46,3%. Peningkatan penambahan Ag mengakibatkan meningkatnya nilai parameter kisi pada arah sumbu a yaitu 3,8247 Å, 3,8291 Å, 3,8292 Å, 3,8293 Å, menurunnya nilai parameter kisi pada arah sumbu b yaitu 3,8426 Å, 3,8415 Å, 3,8409 Å, 3,8383 Å dan menurunnya nilai parameter kisi pada arah sumbu c adalah 49,2174 Å, 49,2022 Å, 49,1881 Å, 49,1761 Å. Analisis hasil karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) menghasilkan ukuran partikel sebesar 225,47 nm, 202,88 nm, 190,68 nm dan 172,22 nm.

Kata kunci: Superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$, metode wet-mixing, penambahan perak (Ag), fraksi volume, parameter kisi, ukuran partikel.

Abstract – Superconductor Y-247 ($Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$) with adding silver (Ag) by using the wet-mixing method has been done. The synthesis process was carried out by calcination at 600° C for 3 hours and sintered at 925° C for 10 hours. Variations in the increase in the addition of Ag used were $Ag_{0,05}$, $Ag_{0,1}$, $Ag_{0,15}$ and $Ag_{0,2}$. Characterization of X-Ray Diffraction (XRD), showed an increase in the addition of Ag resulting in a decrease in the volume fraction, where the volume fractions obtained consecutive were 55.0%, 51.3%, 50.9% and 46.3%. Increasing the addition of Ag results in an increase in the lattice parameter values in the direction of the a axis which is 3.8247 Å, 3.8291 Å, 3.8292 Å, 3.8293 Å, decreasing the lattice parameter values in the b axis direction which is 3.8426 Å, 3.8415 Å, 3.8409 Å, 3.8383 Å and decreasing the lattice parameter values in the direction of the c axis are 49.2174 Å, 49.2022 Å, 49.1881 Å, 49.1761 Å. Analysis of the results of the characterization of Scanning Electron Microscopy (SEM), the particle size obtained was 225.47 nm, 202.88 nm, 190.68 nm and 172.22 nm.

Key words: Superconductor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$, wet-mixing method, addition of silver (Ag), volume fraction, lattice parameter, particle size.

1. Pendahuluan

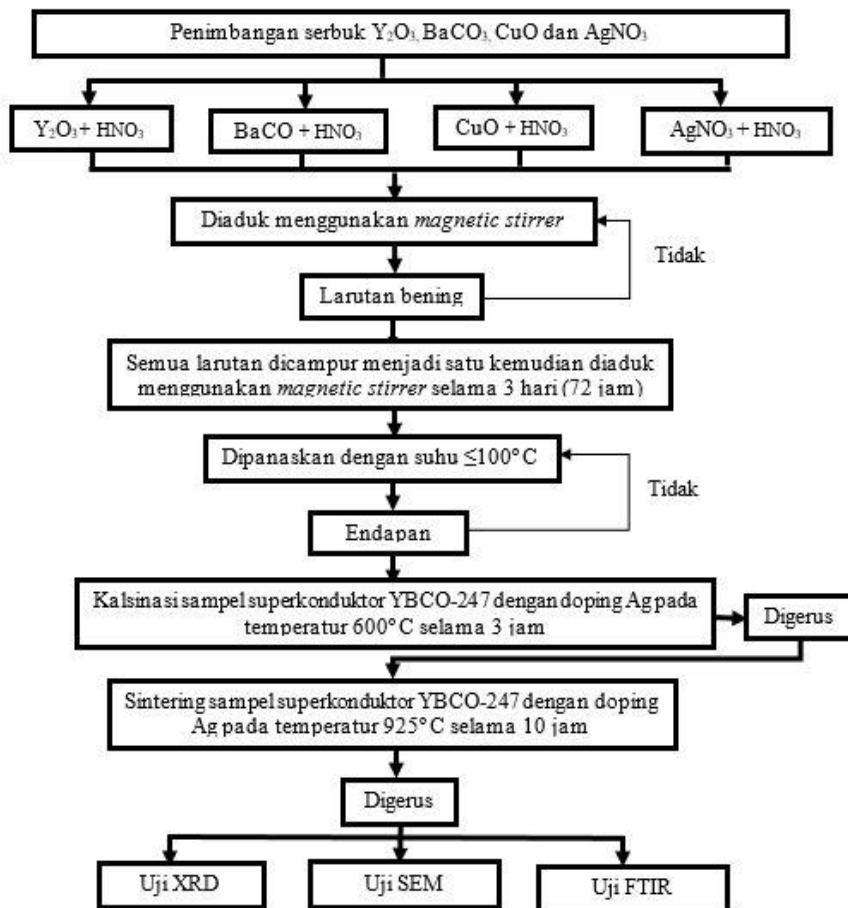
Superkonduktor suhu tinggi (YBCO-123) dengan menggunakan doping sudah banyak dilakukan. Superkonduktor YBCO memiliki struktur kristal ortorombik, grup ruang Pmmm No.47 dengan konstanta kisi a = 3,886 Å, b = 3,825 Å dan c = 11,667 Å serta tersusun dari lapisan CuO, BaO, Y, CuO₂ dan BaO sepanjang sumbu-c [1]. Misalnya, pada penelitian yang dilakukan Yustinus P. dkk yaitu pembuatan komposit YBCO-123 dengan penambahan variasi Ag (0% - 50%) dari berat keseluruhan YBCO-123 memperlihatkan kenaikan T_c (87 – 92 K), rapat arus kritis J_c tertinggi 9,71 x 10⁵ A/m² pada penambahan Ag 35% [2]. Sisi negatifnya dari penambahan Ag adalah menghasilkan fasa non superkonduktor seperti BaCO₃, CuO, Y₂O₃, dan Y₂BaCuO₅ pada penambahan Ag 13%, 23% dan 50%. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Alexey Pan dkk, yang menunjukkan adanya peningkatan J_c yang relatif rendah. Doping Ag yang digunakan pada YBCO ini adalah 12,5%, 6%, 2% dan 1,25%. Hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan oleh Alexey Pan dkk adalah doping Ag yang dilakukan pada bahan YBCO menunjukkan peningkatan J_c pada bidang yang relatif rendah [3].

Fasa lain dari sistem YBCO adalah YBCO-247 dengan T_c antara 40 dan 60 K. Metode *wet mixing* telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, seperti yang telah dilakukan oleh W. G. Suharta mengenai

sintesis superkonduktor $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Nd}_{0,5}\text{Gd}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{Nd}_{0,33}\text{Eu}_{0,33}\text{Ba}_{0,33}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ [4] dan efek dari fluks B_2O_3 dalam pertumbuhan substitusi superkonduktor NLBCO [5]. Metode tersebut juga dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, yaitu dalam mensintesis senyawa $(\text{La}_{1-x}\text{Gd}_x)\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ pada suhu rendah [6], dalam penelitian pengaruh substitusi Gd pada Ca dalam superkonduktor Bismuth fase 2212 [7] dan sintesis superkonduktor $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{Cu}_1\text{O}_z$ [8]. Pada penelitian ini metode *wet mixing* digunakan dalam mensintesis superkonduktor $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ dengan variasi penambahan Ag.

2. Eksperimen

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Y_2O_3 , BaCO_3 , CuO , AgNO_3 . Proses sintesis menggunakan metode *wet mixing* dengan menambahkan larutan HNO_3 sebagai digest agent. Langkah-langkah dari proses sintesis superkonduktor $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ dimulai dari penimbangan bahan, metode *wet mixing*, kalsinasi dan sintering ditunjukkan pada Gambar 1.



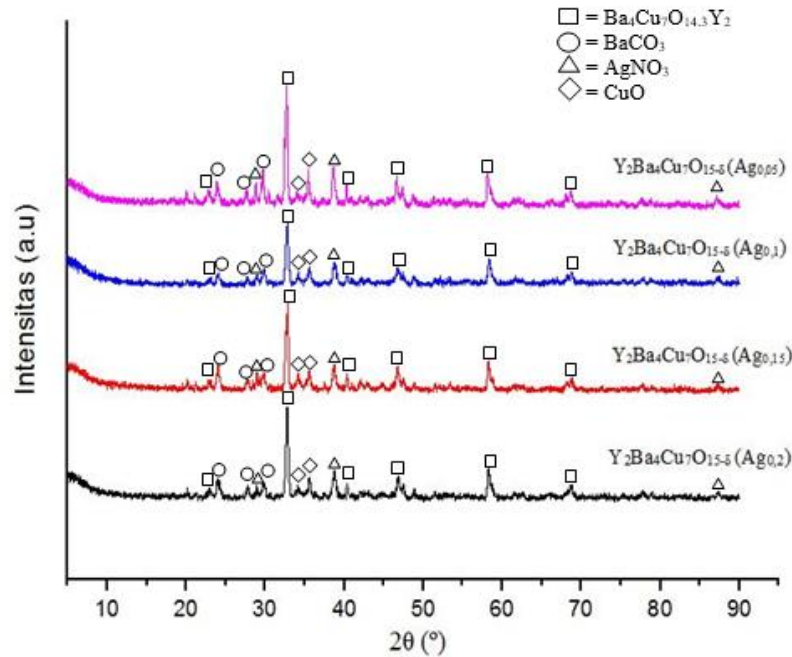
Gambar 1. Skema penelitian sintesis senyawa superkonduktor YBCO-247 dengan penambahan Ag.

Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan Ag terhadap struktur kristal, fraksi volume dan perubahan parameter kisi superkonduktor Y-247 ($\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$), sampel dikarakterisasi dengan XRD. Untuk mengetahui ukuran partikel dilakukan pengukuran menggunakan SEM. Sampel juga karakterisasi dengan FTIR.

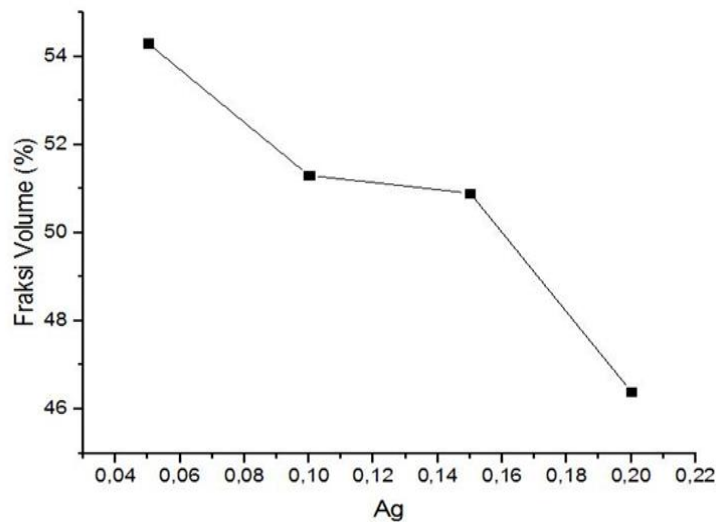
3. Hasil Dan Pembahasan

Gambar 2 memperlihatkan pola difraksi XRD dari keempat sampel superkonduktor $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ dengan variasi penambahan $\text{Ag}_{0,05}$, $\text{Ag}_{0,1}$, $\text{Ag}_{0,15}$ dan $\text{Ag}_{0,2}$. Tampak bahwa, secara umum pola difraksi yang dihasilkan masing-masing sampel adalah hampir sama dengan intensitas puncak tertinggi teramati pada kisaran sudut $2\theta=32,64^\circ$. Dari ke-empat spectra pada Gambar 2 diperoleh bahwa intensitas puncak tertinggi 955 cps pada sudut $2\theta=32,66^\circ$ yang terdapat pada sampel $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ dengan $\text{Ag}_{0,05}$. Dari puncak tertinggi tersebut dapat teramati adanya pergeseran sudut 2θ , yaitu ke arah sudut yang lebih kecil dengan bertambahnya kandungan Ag.

Dari analisis puncak-puncaknya menggunakan program *Match! 3.4.2 Build 96*, selain puncak-puncak difraksi dari fase $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (pada Gambar 2 ditandai dengan segi empat) teramati adanya puncak-puncak yang berasal dari difraksi impuritas seperti $BaCuO_3$, $AgNO_3$ dan CuO . Nilai fraksi volume sampel terhadap penambahan Ag seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Tampak bahwa fraksi volume menurun seiring dengan peningkatan penambahan Ag. Ini memberikan indikasi bahwa semakin besar penambahan Ag semakin besar fasa impuritasnya.



Gambar 2. Pola XRD superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,05}$), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,1}$), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,15}$) dan $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,2}$).

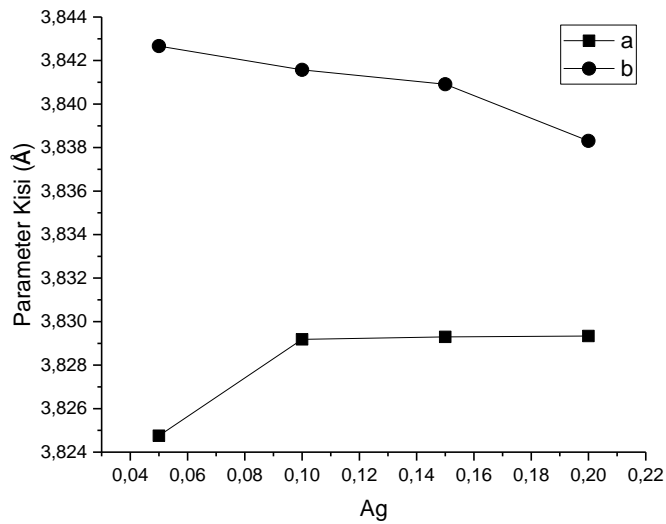


Gambar 3. Grafik perubahan fraksi volume terhadap penambahan $Ag_{0,05}$, $Ag_{0,1}$, $Ag_{0,15}$ dan $Ag_{0,2}$ pada sampel superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$.

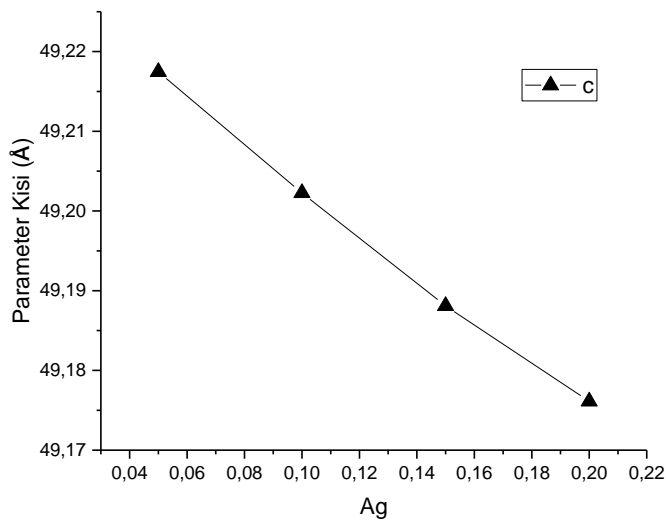
Hasil *refinement* dengan menggunakan program *Rietica* seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Perubahan struktur kisi kristal pada sampel senyawa $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ hasil sintesis dapat dilihat dari perubahan nilai parameter kisinya seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Tampak bahwa nilai parameter kisi a cenderung bertambah besar dengan bertambahnya Ag. Sedangkan nilai parameter kisi b dan c mengalami penurunan. Berdasarkan hasil nilai parameter kisi dari masing-masing sampel terindikasi bahwa semua sampel mempunyai struktur kristal orthorombik.

Tabel 1. Parameter kisi superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$.

No.	Sampel	Parameter Kisi			R		
		a (Å)	b (Å)	c (Å)	R _p	R _{wp}	R _{exp}
1	$Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag _{0,05})	3,8247(5)	3,8426(6)	49,2174(5)	14,93	19,77	9,66
2	$Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag _{0,1})	3,8291(8)	3,8415(7)	49,2022(6)	15,58	20,65	9,57
3	$Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag _{0,15})	3,8292(9)	3,8409(1)	49,1881(1)	14,36	19,04	10,09
4	$Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag _{0,2})	3,8293(3)	3,8383(1)	49,1761(1)	15,84	21,06	8,80



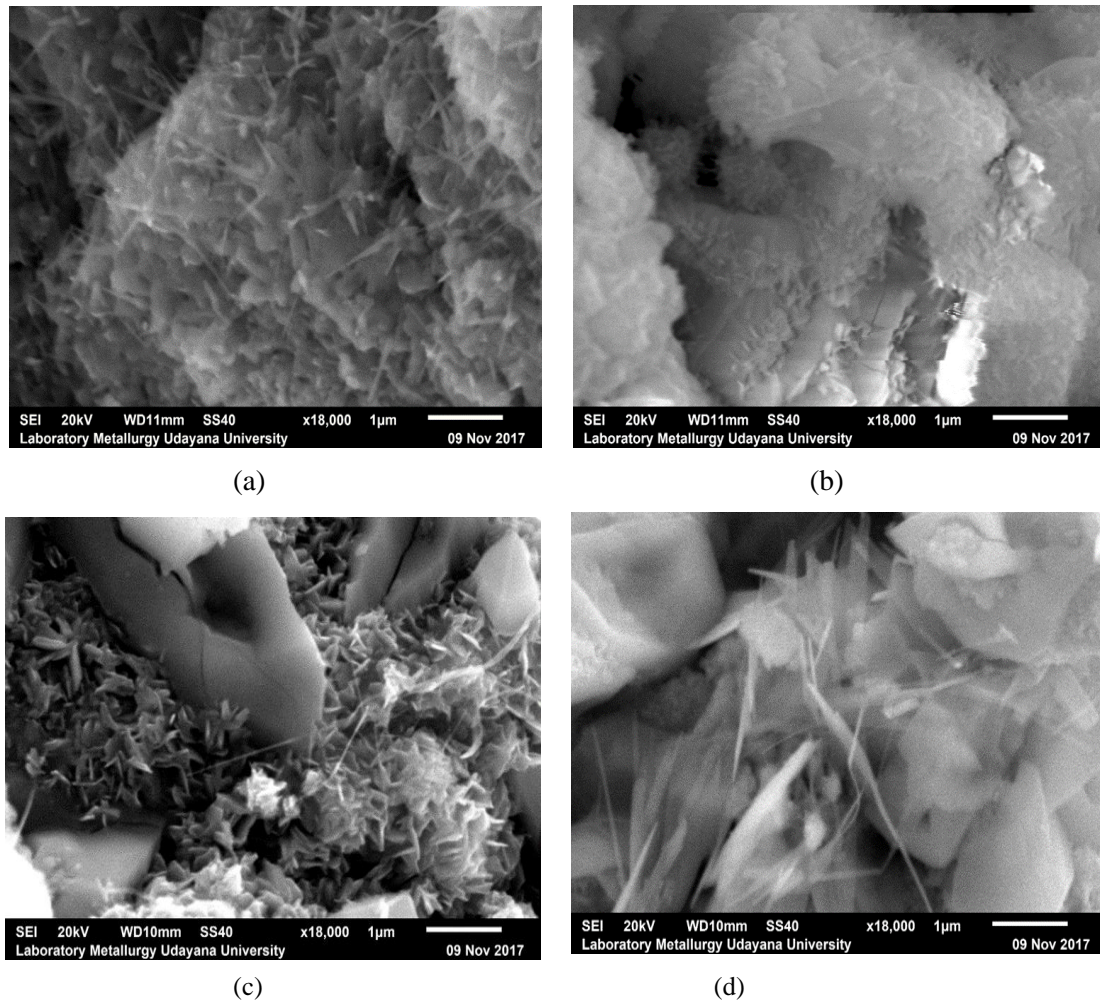
(a)



(b)

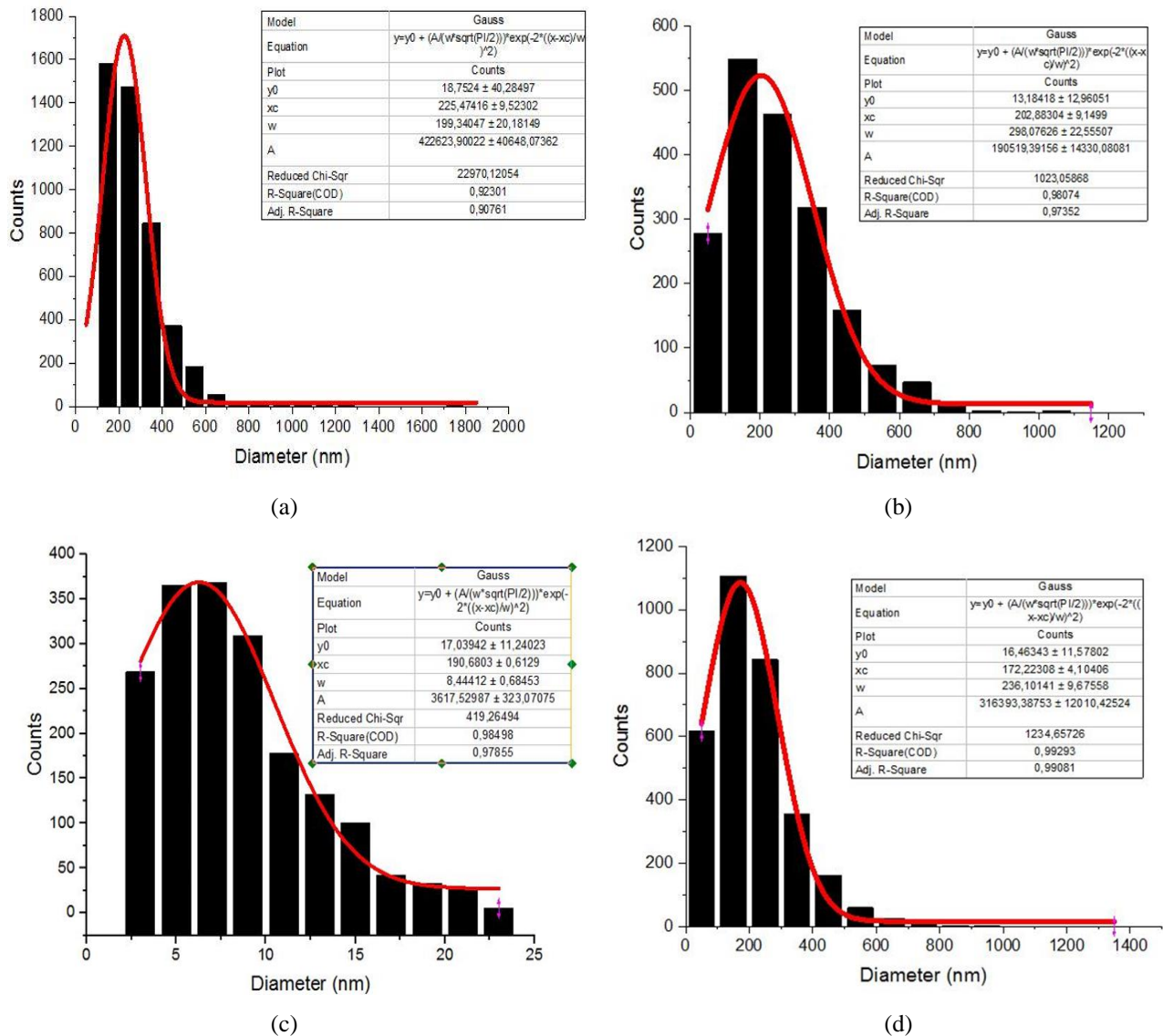
Gambar 4. (a) Perubahan nilai parameter kisi a dan parameter kisi b terhadap terhadap doping Ag_{0,05}, Ag_{0,1}, Ag_{0,15} dan Ag_{0,2} pada sampel superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$, (b) perubahan nilai parameter kisi c terhadap terhadap doping Ag_{0,05}, Ag_{0,1}, Ag_{0,15} dan Ag_{0,2} pada sampel superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$.

Hasil karakterisasi menggunakan SEM diperlihatkan pada Gambar 5, sementara hasil analisis dengan *Image-J* dan *OriginPro 2016* diperlihatkan pada Gambar 6. Dari Gambar 6 dapat teramati bahwa nilai ukuran partikel rata-rata pada sampel superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag_{0,05}), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag_{0,1}), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag_{0,15}) dan $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ (Ag_{0,2}) secara berturut-turut adalah sebesar 225,47 nm, 202,88 nm, 190,68 nm dan 172,22 nm.

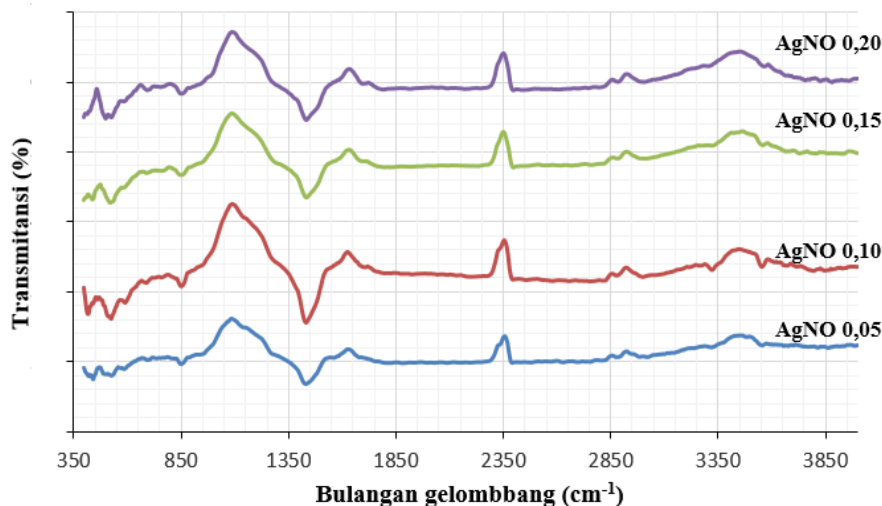


Gambar 5. Hasil karakterisasi SEM superkonduktor (a) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta} (Ag_{0,05})$, (b) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta} (Ag_{0,1})$, (c) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta} (Ag_{0,15})$ dan (d) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta} (Ag_{0,2})$.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR pada rentang bilangan gelombang $400\text{ cm}^{-1} - 4000\text{ cm}^{-1}$ dari sampel superkonduktor $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}(Ag_{0,05})$, $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}(Ag_{0,1})$, $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}(Ag_{0,15})$ dan $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}(Ag_{0,2})$ ditunjukkan pada Gambar 7. Dari gambar tersebut dapat teramati bahwa keempat sampel memperlihatkan pola spectra transmisi yang serupa. Pada daerah gugus fungsional pada bilangan gelombang antara $1350 - 4000\text{ cm}^{-1}$ dapat teramati adanya pita-pita lemah pada kisaran bilangan gelombang $3554, 3320, 3000\text{ m}^{-1}$ dan pita kuat pada 1435 m^{-1} . Sesuai dengan referensi 9 (Zhao dkk, 2004), secara umum spectrum FTIR dapat diklasifikasikan menjadi tiga daerah, yaitu (1) gugus fungsional $3500 - 3000\text{ cm}^{-1}$ seperti *stertch* -OH yang memberikan absorbs pada bilangan gelombang $3450 - 3280\text{ cm}^{-1}$ dan *stertch* -CH₂- pada rentang $3100 - 2750\text{ cm}^{-1}$; (2) gugus fungsional antara $1650 - 1300\text{ cm}^{-1}$ seperti pita absorpsi karena *stertch* -COOH dari grup karboksilat yang dapat diidentifikasi pada rentang antara $1700 - 1550\text{ cm}^{-1}$, $1350 - 1340\text{ cm}^{-1}$, dan $950 - 800\text{ cm}^{-1}$; (3) daerah sidik jari (*fingerprint*) pada daerah $<1350\text{ cm}^{-1}$.



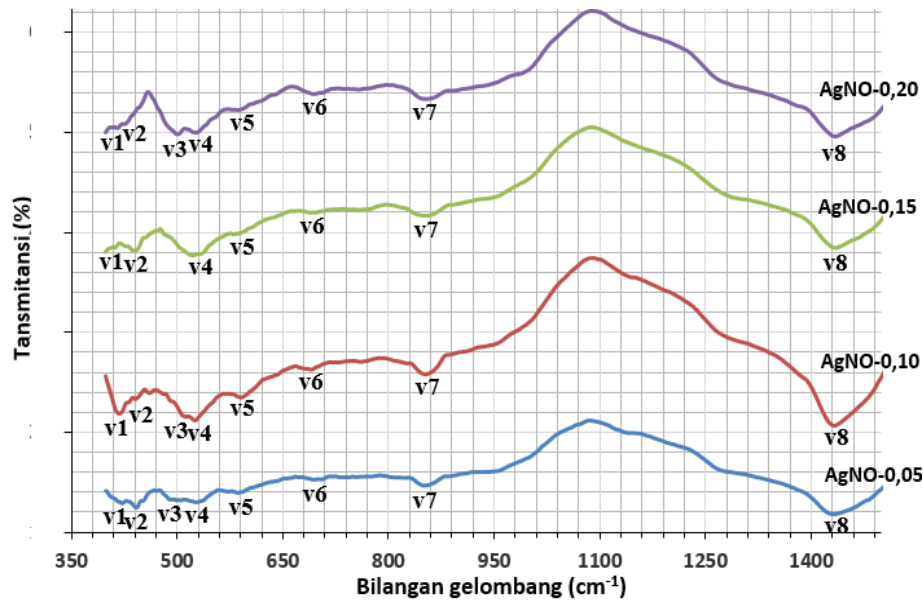
Gambar 6. Distribusi ukuran partikel superkonduktor (a) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,05}$), (b) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,1}$), (c) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,15}$) dan (d) $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,2}$).



Gambar 7. Pola spektra FTIR dari sampel, dari bawah ke atas masing-masing $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,05}$), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,1}$), $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,15}$) dan $Y_2Ba_4Cu_7O_{15-\delta}$ ($Ag_{0,2}$).

Pada kasus superkonduktor YBCO sesuai dengan referensi 10 (Piro, dkk., 1989) [10] pada daerah bilangan gelombang sekitar 400 cm^{-1} adalah aktif-IR dari fonon yang melibatkan vibrasi dari ion-ion logam, $\text{Cu}(2)\text{-O}(2,3)$ dan modus *bend* $\text{Cu}(1)\text{-O}(4)\text{-Cu}(2)$. Pada daerah di sekitar 600 adalah berhubungan dengan modus *stretch* $\text{Cu-O}(2,3)$ pada lapisan CuO_2 dan modus *stretch* $\text{Cu-O}(4)\text{-Cu}$ pada oksigen epiks (jembatan) $\text{O}(4)$. Secara teoritis pada superkonduktor fase $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ terdapat 36 modus vibrasi yang mungkin, pada rentang bilangan gelombang $400\text{ cm}^{-1} - 600\text{ cm}^{-1}$ adalah: 411, 416, 417, 428, 447, 490, 509, 531 (540), 545, 546, 565, 573, 584, 588 cm^{-1} [11].

Sementara itu, spectra FTIR pada rentang bilangan gelombang antara $400 - 1500\text{ m}^{-1}$ pada penelitian ini seperti diperlihatkan pada Gambar 8. Posisi puncak-puncak dari pita-pita transmitansinya yaitu ν diberikan pada Tabel 2. Pita melebar dengan puncak $\nu_8=1435\text{ nm}^{-1}$ kemungkinan berasal dari vibrasi karbonat yang terikat pada ion Ba [12]. Bila dibandingkan dengan modus vibrasi yang diberikan oleh referensi 11 tampak ada sejumlah nilai ν yang hampir sama, yaitu nilai ν_1 dan ν_2 pada bilangan gelombang antara $411 - 447\text{ cm}^{-1}$, ν_3 dan ν_4 antara $503 - 532\text{ cm}^{-1}$, ν_5 pada 594 cm^{-1} . Ini mengindikasikan adanya vibrasi dari Cu-O pada bidang (lapisan) CuO_2 yang mana mengkarakterisasi dari superkonduktor berbasis cuprat YBCO.



Gambar 8. Spektrum FTIR superkonduktor $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,05}$), $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,1}$), $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,15}$) dan $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,2}$) pada bilangan gelombang $350 - 1500\text{ m}^{-1}$.

Tabel 2. Posisi puncak dari pita transmitansi ν dari Gambar 8.

Sampel	Bilangan gelombang ν (m^{-1})							
	ν_1	ν_2	ν_3	ν_4	ν_5	ν_6	ν_7	ν_8
$\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,05}$)	421	444	513	529	594	695	855	1435
$\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,1}$)	421	444	513	529	594	695	855	1435
$\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,15}$)	413	444	-	527	594	698	858	1435
$\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ ($\text{Ag}_{0,2}$)	416	428	503	532	594	698	856	1435

4. Kesimpulan

Penambahan Ag dari 0,05 sampai 0,20 pada superkonduktor $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ mengakibatkan penurunan nilai fraksi volume. Penambahan Ag (0,05 – 0,20) mengakibatkan perubahan struktur kisi dari $\text{Y}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ yang ditunjukkan oleh perubahan parameter kisinya, yaitu peningkatan parameter kisi a ($3,8247\text{ \AA} - 3,8293\text{ \AA}$) dan penurunan parameter kisi b ($3,8426\text{ \AA} - 3,8383\text{ \AA}$) dan c ($49,2174\text{ \AA} - 49,1761\text{ \AA}$). Dari analisis SEM diperoleh ukuran partikel secara rata-rata menurun secara signifikan dengan bertambahnya Ag ($225,47\text{ nm} - 172,22\text{ nm}$).

Pustaka

- [1] Putro, A. P., Sintesis Superkonduktor YBCO dengan Metode Evaporasi dan Karakterisasinya, *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2010.

- [2] Yustinus, P., Gunawan, I., Wuryanto, Pembuatan Komposit YBCO-123/Ag Melalui Pelarut Garam Cair Urea, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah PPNY-BATAN*, Yogyakarta, Vol. 2, 1996, pp. 85-88.
- [3] Alexey, Pan., Pysarenko, V., Wexler, D., Rubanov, S., Dou, S.X., Multilayering and Ag-Doping for Properties and Performance Enhancement in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ Films, *IEEE Transactions On Applied Superconductivity*, Vol. 17, 2007.
- [4] Suharta, W.G., H. Mugirahardjo, S. Pratapa, D. Darminto, S. Suasmoro, X-Ray and High-Resolution Neutron Diffraction Studies on $\text{Nd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Superconductors, *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism: Incorporating Novel Magnetism*, Springer, Vol. 26, 2013.
- [5] Suharta, W. G., N. Wendri, N., Ratini, K. N., Suarbawa, The Effect of B_2O_3 Flux on Growth NLBCO Superconductor by Solid State Reaction and Wet-Mixing Methods, *The 4th International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP) 2014*, American Institute of Physics, 2016.
- [6] Sumadiyasa, M., Putra Adnyana, I G. A., Widagda, I G. A., Suharta, W G., Study synthesis of $(\text{La}_{1-x}\text{Gd}_x)\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ superconductors at low temperature, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 725, 2016.
- [7] Paramarta, Iba., Ratnawati, Iga., Putra, IK., Suharta, W.G., Influence Of Substitution Of Gd On Ca Elements In Phase 2212 Superconductor: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2(\text{Gd}_x\text{Ca}_{1-x})\text{Cu}_2\text{O}_z$, *International Journal Of Scientific Research*, Vol. 7, 2018.
- [8] Suardana, P., Suarbawa, K.N., Sutapa, G.N., Suharta, W.G., Synthesis Of Strontium Copper Oxide With Substitution Of Rare Earth Elements, *International Journal Of Scientific Research*, Vol. 7, 2018.
- [9] Zhao, Y. E., Cai, C. Y., Luo, Y. Y., and He1, Z. H., *FTIR Spectra of the $M(\text{EDTA})^{n-}$ Complexes in the Process of Sol-Gel Technique*, Plenum Publishing Corporation, pp. 383 – 387, 2004.
- [10] Oscar E. Piro, Jorge Guida, Nestor E. Massa, Infrared reflectivity and vibrational structure of superconducting $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+x}$, *Phys. Rev.*, vol. 39, 1989, pp. 7255 – 7258.
- [11] C. Thomsen and G. Kaczmarczyk, *Vibrational Raman Spectroscopy of High-temperature Superconductors*, In: John M. Chalmers and Peter R. Griffiths, Editors, *Handbook of Vibrational Spectroscopy*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2002, pp. 1 – 19.
- [12] Annapura Mohanta, Dhruvananda Bahera, Shimancho Panigrahi and Naresh Chandra Mishra, Intergranular percolation in granular YBCO/BaTiO₃ composites, *Indian J. Phys.* Vol. 83 (4), 2009, pp 455-463.