

Variasi Kadar CaCO_3 Terhadap Pertumbuhan Fasa Suuperkonduktor BPSCCO-2223 Menggunakan Metode Pencampuran Basah

Ketut Putra Wijaya^{1,*}, Suprihatin^{b,2}, Posman Manurung^{b,3}

^aJurusan Fisika FMIPA, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro- Gedong Meneng, Bandar Lampung, Indonesia

¹ ketutputrawijaya96@gmail.com*

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 20 Oktober 2019

Diperbaiki 15 November 2019

Diterima 1 Januari 2020

Kata Kunci

BPSCCO-2223

Derajat Orientasi

Fraksi Volume

Superkonduktor

Uji-*Meissner*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh kadar CaCO_3 terhadap pertumbuhan fasa BPSCCO-2223 menggunakan metode pencampuran basah dengan memvariasikan kadar Ca. Sintesis dilakukan dengan melarutkan sampel menggunakan HNO_3 dan *aquades* secara perlahan kemudian dilakukan pengeringan pada suhu 300, 400, dan 600°C secara bertahap. Sampel dikalsinasi selama 10 jam pada suhu 800°C dan disintering pada suhu 865°C selama 10 jam. Hasil sintesis superkonduktor dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan uji *Meissner*. Hasil XRD menunjukkan bahwa penambahan kadar Ca berpengaruh terhadap tingkat kemurnian fasa superkonduktor BPSCCO-2223. Pada penelitian ini, kadar Ca yang optimum yaitu Ca 2,05 mol dengan nilai fraksi volume (Fv) sebesar 79,98%. Sedangkan fraksi volume terendah adalah Ca 1,95 mol sebesar 41,27%. Derajat orientasi yang relatif tinggi terdapat pada sampel Ca 2,10 mol sebesar 7,67% dan terendah terdapat pada Ca 1,95 mol sebesar 0%. Hasil SEM menunjukkan bahwa semua sampel telah memiliki lapisan-lapisan yang tersusun (terorientasi) dengan ruang kosong antara lempengan (*void*) relatif kecil. Hasil uji-*Meissner* menunjukkan bahwa Ca 2,05 mol mengalami efek *Meissner* lemah, sedangkan sampel BPSCCO-2223 yang lain tidak menunjukkan adanya efek *Meissner* dalam nitrogen cair (77 K).

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](#).



1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, superkonduktor semakin banyak digunakan, misalnya dalam bidang perkeretaapian yaitu kereta api super cepat di Jepang yang dikenal dengan *magnetic levitation (Maglev)* yang mampu melaju dengan kecepatan sampai 600 km/jam [1]. Selain *maglev* penggunaan superkonduktor lainnya adalah kabel superkonduktor dengan pendingin nitrogen untuk menggantikan kabel listrik bawah tanah yang terbuat dari tembaga [2], generator superkonduktor bersuhu kritis tinggi (SKST) [3], dan di bidang medis digunakan untuk pembuatan alat diagnosis *magnetic resonance imaging* [4].

Superkonduktivitas dapat didefinisikan sebagai sifat dari suatu material yang memiliki resistivitas listrik yang menurun secara tiba-tiba hingga hampir mendekati nol ketika material tersebut diturunkan temperaturnya hingga di bawah temperatur kritis (T_c). Material yang memiliki sifat tersebut dinamakan superkonduktor [5][6]. Sifat khusus dari superkonduktor yaitu konduktivitas sempurna tanpa adanya hambatan ($\rho = 0$), pada temperatur $T \leq T_c$ dan diamagnetik sempurna dengan $B = 0$ pada temperatur $T \leq T_c$ [7].

Berdasarkan suhu kritisnya, superkonduktor dibagi menjadi dua yaitu superkonduktor suhu rendah dan superkonduktor suhu tinggi (SKST) [8][9]. Salah satu superkonduktor suhu tinggi (SKST) adalah Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO). Superkonduktor BSCCO memiliki 3 fasa yang berbeda yaitu fasa BSCCO-2201 ($T_c \sim 10$ K), fasa BSCCO-2212 ($T_c \sim 80$ K) dan fasa BSCCO-2223 ($T_c \sim 110$ K) [10]. Di antara superkonduktor berbasis bismut tersebut, fasa BSCCO-2223 merupakan bahan superkonduktor yang telah banyak dikaji dari aspek eksperimen. Ditinjau dari suhu kritisnya yang cukup tinggi, fasa BSCCO-2223 sangat berpotensi untuk diaplikasikan [11][12]. Namun, kendala yang dihadapi dalam mendapatkan fasa 2223 murni adalah ketika mensintesis fasa 2223 masih tercampuri dengan fasa lain dan pengotor seperti Ca_2PbO_4 sehingga sulit mendapatkan fasa 2223 murni [13].

Sintesis superkonduktor BSCCO dapat dilakukan dengan metode pencampuran basah [14], metode *sol gel* [15][16], metode lelehan [17] dan metode padatan [18]. Sintesis superkonduktor ditentukan oleh komposisi awal bahan pembentuk superkonduktor [19]. Selain itu, sifat dan keadaan struktur mikronya sangat dipengaruhi oleh proses pemanasan (pengontrolan suhu dan waktu) yang merupakan parameter penting dalam sintesis superkonduktor [20]. Salah satu upaya untuk meningkatkan nilai T_c dan fraksi volume (F_v) superkonduktor BSCCO-2223 dilakukan dengan pemberian suatu doping [20][21]. Pemberian doping bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan dan peningkatan Fraksi volume [22].

Sintesis superkonduktor BSCCO-2223 dengan variasi doping Pb (Pb: 0,0; 0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4 mol) menunjukkan bahwa sampel dengan kadar doping Pb 0,4 mempunyai nilai F_v tertinggi yaitu sebesar 62,06%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan doping Pb dapat meningkatkan nilai fraksi volume [18]. Selain penambahan doping Pb, penambahan doping Ca juga dapat mempengaruhi pembentukan fasa dalam sistem BSCCO [23][24]. Sintesis superkonduktor BPSCCO dengan variasi kadar Ca (Ca: 1,95; 2,00; 2,05 dan 2,10 mol) menggunakan metode padatan menunjukkan bahwa penambahan kadar Ca dalam sampel dapat meningkatkan nilai F_v dan P BPSCCO-2223, ditandai dengan nilai F_v tertinggi pada sampel dengan kadar Ca 2,10 mol sebesar 86,09% [25][26].

Selain itu, suhu dan waktu *sintering* juga berpengaruh terhadap tingkat kemurnian fasa superkonduktor BPSCCO-2223. Nilai F_v akan meningkat seiring bertambahnya suhu *sintering* [27] dan berkurangnya waktu *sintering* [28]. Suhu *sintering* 865°C mempunyai nilai F_v tertinggi yaitu sebesar 87,20% dibandingkan dengan suhu *sintering* 850°C , 855°C dan 860°C . Sedangkan, waktu *sintering* selama 10 jam mempunyai nilai F_v tertinggi yaitu sebesar 88,88% dibandingkan waktu *sintering* 20, 30 dan 40 jam.

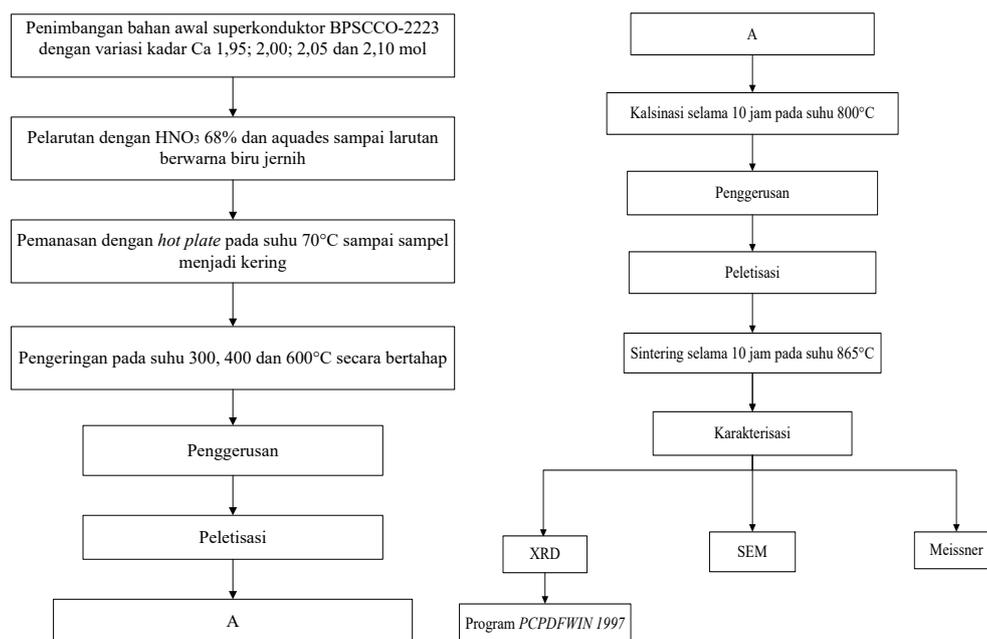
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian tentang variasi CaCO_3 terhadap pertumbuhan fasa BPSCCO-2223 menggunakan metode pencampuran basah. Variasi kadar CaCO_3 yang digunakan adalah 1,95; 2,00; 2,05 dan 2,10 mol. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kadar CaCO_3 yang relatif baik dalam pertumbuhan fasa BPSCCO-2223. Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan uji *Meissner*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan dasar Bi₂O₃ (99,9 %) dari *Strem Chemical*; PbO (99,9 %) dari *Aldrich*; SrCO₃ (99,9 %) dari *Strem Chemical*; CaCO₃ (99,9 %) dari *Strem Chemical*; dan CuO (99,999 %) dari *Merck*, HNO₃, nitrogen cair dan *aquades*. Bahan dasar tersebut ditimbang sesuai takaran yang telah ditentukan.

Setelah bahan ditimbang, kemudian dilarutkan dengan asam nitrat (HNO₃) 68% dan *aquades* secara perlahan. Bahan diletakkan di atas *hot plate* dengan suhu sekitar 70°C sampai larutan tersebut berwarna biru jernih yang menandakan bahwa larutan tersebut sudah homogen dengan pH sebesar 1. Lalu, larutan dipanaskan sampai mengering, kemudian dilakukan pengeringan pada suhu 300, 400, dan 600°C secara bertahap. Setelah pengeringan, dilakukan penggerusan dengan *mortar* dan *pastle* selama ±10 jam (bertahap) sampai bahan terasa halus. Sampel dipeletisasi dengan alat *pressing* dengan tekanan 8 ton.

Setelah sampel berbentuk pelet, dilakukan kalsinasi pada suhu 800°C selama 10 jam. Sampel hasil kalsinasi belum sempurna karena adanya porositas dan penangkapan gas sekitar, sehingga perlu penggerusan ulang sekitar ±10 jam. Selanjutnya sampel disintering selama 10 jam dengan suhu 865 °C agar terbentuk fasa yang diinginkan. Hasil sintesis superkonduktor dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan uji *Meissner*. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

Analisis hasil XRD dilakukan dengan program PCPDFWIN 1997. Kemudian tingkat kemurnian fasa Bi-2223 yang terbentuk dapat dihitung menggunakan persamaan (1), (2) dan (3) sebagai berikut:

$$Fv = \frac{\sum I_{2223}}{\sum I_{total}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$I = 100\% - Fv \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$P = \frac{\sum I_{(001)}}{\sum I_{(2223)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

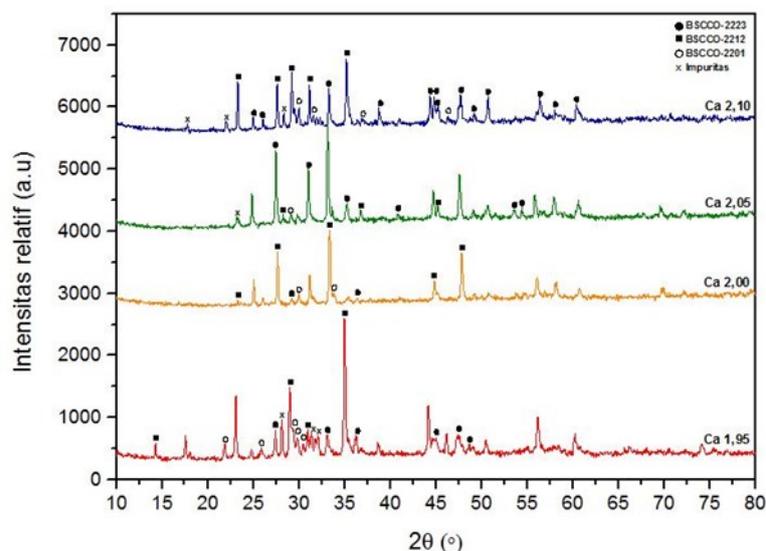
Dengan F_v , P dan I berturut-turut adalah fraksi volume fasa BSCCO-2223, derajat orientasi dan impuritas. Sedangkan $I(\text{total})$, $I(2223)$ dan $I(00l)$ berturut-turut adalah intensitas total, intensitas fasa 2223 dan intensitas fasa $h = k = 0$; l bilangan genap.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Identifikasi Fasa Hasil XRD

Struktur kristal yang terbentuk pada masing-masing sampel dikarakterisasi menggunakan XRD. Spektrum diperoleh dengan menembak sampel menggunakan sumber sinar-X dari Cu-K α yang mempunyai panjang gelombang 1,5406 Å. Data diambil dalam rentang $2\theta = 10,0131^\circ$ sampai $99,9731^\circ$, dengan modus pemindaian kontinyu dan ukuran langkah sebesar $2\theta = 0,0260$ serta waktu 7,1400 detik per tahap. Spektrum yang terbentuk dari pengukuran setiap sampel dianalisis menggunakan program PCPDFWIN 1997.

Dalam program ini dapat dilakukan *search-match* (pencocokan hasil analisis dengan *database*) untuk memperoleh fasa apa saja yang terbentuk dalam setiap sampel. Pencocokan fasa pada sampel dilakukan dengan mengambil acuan PDF untuk BSCCO-2223, BSCCO-2212, BSCCO-2201 dan impuritas yang terbentuk. Hasil identifikasi fasa ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Hasil Analisis XRD dengan Program PCPDFWIN 1997

Gambar 3.1 memperlihatkan spektrum (*difraktogram*) XRD pada sampel BSCCO-2223. Pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa semua sampel sudah membentuk fasa BSCCO-2223. Hal ini ditandai dengan adanya puncak-puncak fasa BSCCO-2223 yang terbentuk. Sampel BSCCO-2223 tersebut juga sudah terorientasi yang ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak fasa BSCCO-2223 yang memiliki $h = k = 0$ dan $l =$ bilangan genap yaitu puncak $2\theta = 29,16^\circ$ (0010) pada kadar Ca 2,00 mol; $2\theta = 49,10^\circ$ (0020) pada kadar Ca 2,05 mol dan $2\theta = 60,38^\circ$ (0020) pada kadar Ca 2,10 mol.

Berdasarkan hasil *search-match* dapat disimpulkan bahwa secara umum hasil karakterisasi XRD untuk semua sampel memperlihatkan puncak-puncak tajam yang menandakan bahwa kristalisasi sudah terjadi dengan baik. Spektrum difraksi pada BSCCO-2223 kadar Ca 1,95 dan 2,10 mol memperlihatkan bahwa puncak-puncak pada sampel didominasi oleh fasa pengotor. Hanya sebagian puncak-puncak yang dapat ditandai sebagai

fasa BPSCCO-2223. Sedangkan pada BPSCCO-2223 kadar Ca 2,00 dan 2,10 mol puncak-puncak yang terbentuk didominasi oleh fasa BPSCCO-2223. Sesuai dengan hasil analisis, fasa pengotor tersebut berasal dari fasa superkonduktif fasa BSCCO-2212, BSCCO-2201 dan impuritas seperti Ca_2PbO_4 , PbO , PbO_2 , CaCuO_2 , Ca_2CuO_3 , dan $\text{Ca}_{0.4}\text{CuSr}_{0.6}\text{O}_2$.

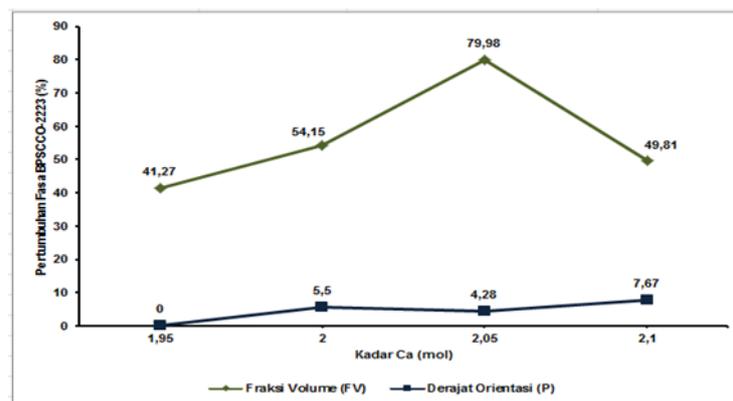
3.2. Perhitungan Fraksi Volume, Derajat Orientasi dan Impuritas

Berdasarkan hasil *search match* pola XRD menggunakan program PCPDFWIN 1997 dapat dihitung tingkat kemurnian fasa superkonduktor BPSCCO-2223 yang meliputi fraksi volume, derajat orientasi dan impuritas menggunakan persamaan (1), (2), dan (3). Hasil perhitungan tingkat kemurnian fasa BPSCCO-2223 pada variasi kadar Ca ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Table 3.1. Hasil Perhitungan Tingkat Kemurnian BPSCCO-2223 pada Variasi kadar Ca

No.	Kadar Ca (mol)	Fraksi Volume (Fv) (%)	Derajat Orientasi (P) (%)	Impuritas (I)(%)
1	1,95	41,27	0,00	58,73
2	2,00	54,15	5,50	45,85
3	2,05	79,98	4,28	20,02
4	2,10	49,81	7,67	50,19

Berdasarkan Tabel 3.1, variasi kadar Ca cukup berpengaruh terhadap fraksi volume fasa BPSCCO-2223. Pada penelitian ini, fraksi volume fasa BPSCCO-2223 yang diperoleh meningkat sampai kadar Ca 2,05 mol sebesar 25,83% dan mengalami penurunan pada kadar Ca 2,10 mol sebesar 30,17%. Hal ini menandakan bahwa dalam penelitian ini, kadar Ca yang cukup optimum yaitu kadar Ca 2,05 mol dengan nilai fraksi volume sebesar 79,98%. Hubungan kadar ca terhadap fraksi volume dan derajat orientasi ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Hubungan Kadar Ca terhadap Fraksi Volume dan Derajat Orientasi

Berdasarkan Gambar 3.2, Penambahan kadar Ca sangat berpengaruh terhadap fraksi volume BPSCCO-2223. Peningkatan fraksi volume fasa BPSCCO-2223 akibat peningkatan kadar Ca dalam sampel, dikarenakan Ca adalah unsur yang sangat berpengaruh pada pembentukan fasa BPSCCO-2223 [29]. Ca merupakan atom yang berperan dalam pembentukan bidang CuO, yaitu sebagai pemisah antar bidang CuO yang terbentuk (bidang CuO dalam sistem BPSCCO dipisahkan oleh bidang CaO). Sehingga semakin tinggi kadar Ca

maka semakin besar kemungkinan untuk dapat terjadi transformasi fasa menuju BPSCCO-2223. Namun, kemungkinan tidak selamanya penambahan Ca dapat meningkatkan fraksi volume BPSCCO-2223. Hal ini dikarenakan Ca justru dapat membentuk fasa impuritas seperti $(\text{Sr,Ca})_2\text{CuO}_3$ apabila kadarnya terlalu tinggi [29].

Penambahan kadar Ca juga mempengaruhi persentase derajat orientasi yang terbentuk. Persentase derajat orientasi terbesar diperoleh pada sampel dengan kadar Ca 2,10 mol sebesar 7,67%. Hal ini disebabkan karena intensitas fasa BPSCCO-2223 yang terbentuk dengan bidang $h = k = 0$ dan $l =$ bilangan genap pada sampel Ca 2,10 mol lebih banyak dibandingkan sampel pada kadar Ca lainnya. Sedangkan persentase derajat orientasi terendah diperoleh pada sampel dengan kadar Ca 1,95 mol yaitu sebesar 0%. Persentase derajat orientasi pada kadar Ca 2,00 dan 2,05 mol secara berturut-turut sebesar 5,50% dan 4,28%.

Berdasarkan hasil fraksi volume yang diperoleh, keempat sampel yang terbentuk belum merupakan fasa BPSCCO-2223 murni. Hal ini dikarenakan, pada sintesis BPSCCO-2223 umumnya terdapat fraksi impuritas sebagai hasil reaksi padatan yang tidak terbentuk secara merata dan sempurna. Fraksi volume fasa lain yang terbentuk ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Table 3.2. Fraksi Volume Fasa Lain yang Terbentuk

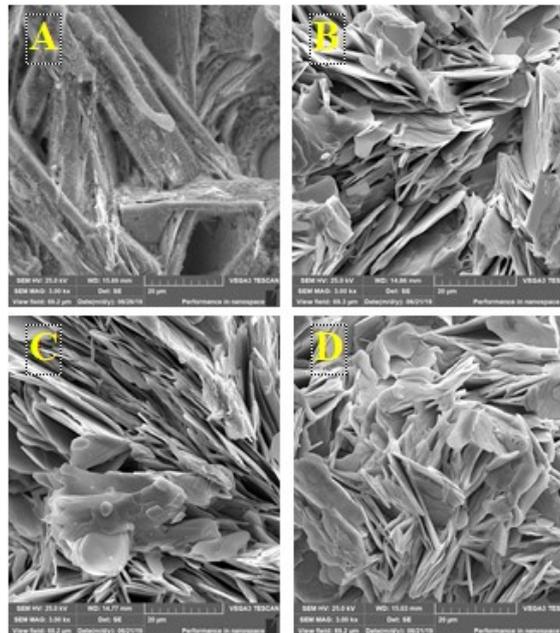
No.	Kadar Ca (mol)	Fraksi volume (%)		
		BSCCO-2212	BSCCO-2201	Impuritas Lain
1	Ca 1,95	29,11	16,92	12,70
2	Ca 2,00	36,08	7,13	2,65
3	Ca 2,05	20,02	0	0
4	Ca 2,10	32,07	11,12	7,00

Berdasarkan Tabel 3.2, pada kadar Ca 1,95 mol teridentifikasi 3 fasa yang terbentuk yaitu fasa BSCCO-2223 (41,27%), fasa BSCCO-2212 (29,11%) dan fasa BSCCO-2201 (16,92%) serta impuritas seperti Ca_2PbO_4 , PbO dan CaCuO_2 (12,70%). Pada kadar Ca 2,00 mol teridentifikasi 3 fasa yang terbentuk yaitu fasa BSCCO-2223 (54,15%), fasa BSCCO-2212 (36,08%) dan fasa BSCCO-2201 (7,13%) serta impuritas seperti PbO_2 (2,65%). Pada kadar Ca 2,05 mol teridentifikasi 2 fasa yang terbentuk yaitu fasa BSCCO-2223 (79,98%) dan fasa BSCCO-2212 (20,02%). Pada kadar Ca 2,10 mol teridentifikasi 3 fasa yang terbentuk yaitu fasa BSCCO-2223 (49,81%), fasa BSCCO-2212 (32,07%) dan fasa BSCCO-2201 (11,12%) serta impuritas seperti Ca_2CuO_3 , $\text{Ca}_0.4\text{CuSr}_0.6\text{O}_2$ dan PbO (7,00%).

Terbentuknya impuritas disebabkan karena dalam sintesis BPSCCO-2223 sangat bergantung pada komposisi molar awal bahan-bahan pembentuk BPSCCO-2223 [19]. Impuritas dalam sampel merupakan fasa yang belum sempurna membentuk BPSCCO-2223, yakni fasa BSCCO-2201 dan fasa BSCCO-2202. Oleh karena itu, pertumbuhan fasa BPSCCO-2223 tidak dalam *single phase* melainkan disertai dengan pembentukan fasa yang lainnya. Sebagaimana telah diperlihatkan peneliti sebelumnya bahwa fasa pengotor BSCCO-2212, BSCCO-2201, SrCO_3 , CuO , Ca_2PbO_4 sesungguhnya merupakan bahan dasar untuk pembentukan fasa BPSCCO-2223. Dengan sintesis yang tepat bahan dasar tersebut secara bersama dapat tereduksi menjadi fasa BPSCCO-2223.

3.3. Hasil Uji SEM

Pengujian struktur mikro BPSCCO-2223 dilakukan pada semua sampel menggunakan SEM. Hasil perekaman foto SEM ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil Perekaman Foto SEM pada Sampel BPSCCO-2223
(a). Ca 1,95 mol, (b). Ca 2,00 mol, (c). Ca 2,05 mol, (d). Ca 2,10 mol

Berdasarkan Gambar 3.3(a), terlihat bahwa BPSCCO-2223 masih belum terlihat struktur lapisannya secara menyeluruh, namun terlihat adanya bagian yang telah berbentuk lapisan yang diperkirakan merupakan BPSCCO-2223. Pada Ca 1,95 mol terlihat banyak ruang kosong atau *void* antar lempengannya. Gambar 3.3 (b, c dan d) terlihat mikrostruktur yang terbentuk berupa lempengan-lempengan yang merupakan BPSCCO-2223. Pada Ca 2,10 mol memiliki derajat orientasi (P) yang relatif tinggi yaitu sebesar 7,67%, pada sampel tersebut terlihat susunan lempengan yang lebih teratur dan memiliki sedikit ruang kosong atau *void* antar lempengan, sedangkan Ca 2,00 mol dan 2,05 mol memiliki derajat orientasi (P) sebesar 5,50% dan 4,28%.

3.4. Hasil Uji *Meissner*

Pengujian efek *Meissner* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya sifat diamagnetisme sampel yang diujikan. Hasil efek *Meissner* pada berbagai kadar Ca ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Table 3.3. Hasil Efek *Meissner* pada BPSCCO-2223

No.	Kadar Ca (mol)	Levitasi
1	1,95	Tidak teramati
2	2,00	Tidak teramati
3	2,05	Lelah
4	2,10	Tidak teramati

Pada pengujian efek *Meissner*, efek *Meissner* dikatakan kuat jika magnet terangkat di atas sampel. Efek *Meissner* dikatakan lemah jika magnet tertolak oleh sampel tetapi magnet tidak sampai terangkat. Sedangkan efek *Meissner* dikatakan tidak ada jika tolakan magnet oleh sampel sangat lemah. Berdasarkan Tabel 3.3 terlihat bahwa sampel Ca 2,05 mol mengalami efek *Meissner* lemah, hal ini dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran magnet oleh sampel tetapi magnet tidak sampai terangkat. Sedangkan sampel BPSCCO-2223 dengan kadar Ca 1,95; 2,00 dan 2,10 mol tidak menunjukkan adanya efek *Meissner* dalam nitrogen cair (77 K). Hal ini menunjukkan bahwa secara kumulatif seluruh butir tidak mengalirkan arus DC, yakni masih ada hambatan dari fasa impuritas (pengotor). Selain itu, hal yang menyebabkan ketiga sampel tidak mengalami efek *Meissner* karena adanya fasa impuritas yang terbentuk, baik impuritas superkonduktif maupun non-superkonduktif [30].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan kadar Ca sangat berpengaruh terhadap tingkat kemurnian fasa superkonduktor BPSCCO-2223. Kadar Ca yang optimum yaitu Ca 2,05 mol dengan nilai fraksi volume (Fv) sebesar 79,98%. Hasil uji-*Meissner* menunjukkan bahwa sampel Ca 2,05 mol mengalami efek *Meissner* lemah. Sedangkan untuk derajat orientasi terbesar terdapat pada sampel dengan kadar Ca 2,10 mol sebesar 7,67% dan mempunyai struktur kristal yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] S. Y. Wang, J. S. Dan Wang, "High Temperature Superconducting Magnetic Levitation." Walter De Gruyter GmbH And Peking University Press, Beijing, 2010.
- [2] Harsojo, "Kawat Superkonduktor Ybco Dengan Yttrium Lokal," Vol. 11, No. 6, Pp. 61–68, 1998.
- [3] R. Paul N. Barnes, Michael D. Sumption, Gregory L, "Review Of High Power Density Superconducting Generator: Preset State And Prospect For Incorporating Of Ybco Windings," *J. Cryog.*, Vol. 45, Pp. 670-686., 2005.
- [4] M. Yamamoto, H. Toyota, S. Kawagoe, J. Hatta, And S. Tanaka, "Development Of Ultra-Low Field Squid-Mri System With An Lc Resonator," *Phys. Procedia*, Vol. 65, Pp. 197–200, 2015.
- [5] W. F. Smith, *Principle Of Material Science And Engineering*. New York: Mc Graw-Hill Book, 1996.
- [6] E. Endrayana, D. H. S. Wahyuni, N. Nachrowie, And I. Mujahidin, "Variasi Ground Plane Antena Collinear Pada Pemancar Televisi Analog Dengan Frekuensi Uhf 442 Mhz," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 149–156, 2019.
- [7] M. Tinkham, *Introduction To Superconductivity: Second Edition*. Singapore: Mcgraw- Hill, Inc.
- [8] C. W. C. M. K. Wu., Ashburn, J. R., Torng, C. J., Hor, P. H., Meng R. L., Gao, L., Huang, Z. J., Wang, Y. Q., "Superconductivity At 93 K In A New Mixed-Phase Y-Ba-Cu-O Compound System At Ambient Pressure," Vol. 58, No. 9, Pp. 908–910, 1987.
- [9] A. E. Pambudi, L. Maajid, J. Rohman, And I. Mujahidin, "Aplikasi Penggunaan Joystick Sebagai Pengendalian Remote Control Weapon Station (Rcws) Senjata Mesin Ringan (Smr)," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 98–105, 2019.
- [10] T. Maeda, H., Tanaka, Y., Fukutomi, M., Dan Asano, "New High-Tc Superconductors Without Rare Earth Element," *Japanese J. Appl. Physics*, Vol. 27, No. 2, P. 8, 1988.
- [11] S. C. Dan M. E. Mchendry, "Growth And Characterization Of (Bi,Pb)2sr2cacu3ox Single Crystal," *J. Mater. Res.*, Vol. 13, No. 3, Pp. 589–595, 1997.
- [12] M. T. Prakarsa, D. Wahyuni, N. Rachman, And I. Mujahidin, "Optimasi Sistem Komunikasi Dari Ht Dengan Hp Dalam Pelaksanaan Tugas Operasi Tni Ad Menggunakan Metode Dtmf," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [13] Purwati, *Sintesis Superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Dengan Variasi Bi Dan Pb*. Surakarta: Ketut Putra Wijaya (Variasi Kadar CaCO₃ Terhadap Pertumbuhan Fasa Suoperkonduktor BPSCCO-2223 Menggunakan Metode Pencampuran Basah)

- Universitas Sebelas Maret, 2002.
- [14] D. Khamilatun Khafifah, Malik Anjelh Baqiya, *Nanokristalisasi Superkonduktor Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+X} Dengan Variasi Kalsinasi Dan Sinter Melalui Metode Pencampuran Basah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2011.
- [15] H. Fallah-Arani *Et Al.*, "The Influence Of Heat Treatment On The Microstructure, Flux Pinning And Magnetic Properties Of Bulk BscCo Samples Prepared By Sol-Gel Route," *Ceram. Int.*, Vol. 44, No. 5, Pp. 5209–5218, 2018.
- [16] T. A. S, A. Rabi', D. Minggu, And I. Mujahidin, "Frequency Hopping Video Real Time Untuk Pengamanan Data Pengintaian Operasi Inteligence Tni," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [17] I. Marhaendrayaya, "Eksperimen Pembentukan Kristal Bpscco-2223 Dengan Metoda Lelehan," *Berk. Fis.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 33–40, 2001.
- [18] R. M. Fauzi, *Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor Bi-2223 Dengan Variasi Doping Pb (Bpscco-2223) Pada Kadar Ca = 2.10 Dan Suhu Sintering 855 Oc*. Bandar Lampung: Universitas Lampung, 2017.
- [19] H. Liu, L. Liu, H. A. O. Yu, Y. Zhang, And Z. Jin, "Optimization Of The Composition For Synthesizing The High-T C Phase In Bi (Pb) Srcacu System," Vol. 4, No. 4329, Pp. 7–8, 1999.
- [20] A. M. Currie, D. B. Dan Forest, "Crystal Structure And Hight Tc Superconductor In The System Gd₁ba₂Xsrxcu₃o_{7-X}," *Solid State Comun.*, Vol. 66, No. 7, Pp. 715–718.
- [21] D. F. C. Kusuma, D. A. Prasetya, F. Kholid, And I. Mujahidin, "Evaluasi Database Senjata Untuk Sistem Keamanan Menggunakan Fuzzy Logic," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 111–116, 2019.
- [22] Y. Mizuno, M., Endo, H., Tsuchiya, J., Kijima, A., Dan Oguri, "Superconductivity Of Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃Pbxoy (X = 0,2; 0,4; 0,6)," *J. Appl. Phys.*, Vol. 27, Pp. 1225–1227, 1988.
- [23] D. A. Cardwell And D. S. Ginley, "Handbook Of Superconducting Materials Edited By," Vol. I, 2003.
- [24] M. Wibowo, S. Suprayogi, And I. Mujahidin, "Rancang Bangun Sistem Pengamanan Rak Senjata M16 Menggunakan Rfid Dan Fingerprint," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 134–142, 2019.
- [25] F. Afriani, "Variasi Kadar Caco₃ Dalam Pembentukkan Fase Superkonduktor BscCo-2223 Dengan Doping Pb (Bpscco-2223)." Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2013.
- [26] J. Lasmono, A. P. Sari, E. Kuncoro, And I. Mujahidin, "Optimasi Kerja Peluncur Roket Pada Robot Roda Rantai Untuk Menentukan Ketepatan Sudut Tembak," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [27] R. P. Surahman, Suprihatin, And A. Riyanto, "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Tingkat Kemurnian Fase Superkonduktor Bpscco-2223 Pada Kadar Ca 2 , 10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah," *J. Teor. Dan Apl. Fis.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 63–68, 2019.
- [28] I. Rahayu, Suprihatin, And A. Riyanto, "Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Tingkat Kemurnian Fase Superkonduktor Bpscco-2223 Dengan Kadar Ca 2 , 10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah," *J. Teor. Dan Apl. Fis.*, Vol. 07, No. 01, Pp. 91–98, 2019.
- [29] T. Strobel, P., Toledano, J. C., Morin, D., Schneck, J., Vaquir, G., Monnereau, O., Primot, J., Dan Fournier, "Phase Diagram Of The System Bil.6pbo.4srzcuo6-Cacuo6 Between 825°C And L L 0 0 ° C," Vol. 201, Pp. 27–42, 1992.
- [30] T. Yuliati, "Sintesis Superkonduktor Bpscco/Ag Menggunakan Metode Padatan." Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.



Ketut Putra Wijaya, lahir di Mulyasari, 12 Februari 1996, agama Hindu. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 01 Mulyasari pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 04 Negeri Agung pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 56 Jakarta pada tahun 2015. Atas Anugerah Tuhan Yang Maha Esa maka penulis dapat melanjutkan pendidikan S1 pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung hingga saat ini.

Alamat Email: ketutputrawijaya96@gmail.com