

Variasi Kadar CaCO_3 Terhadap Pembentukan Fasa Superkonduktor BSCCO 2223 Menggunakan Metode Pencampuran Basah

Prastiana Tiara Pratiwi^{a,1,*}, Suprihatin^{b,2}, Simon Sembiring^{b,3}

^aJurusan Fisika-Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, Indonesia

¹prastianatiarapratywi@gmail.com *

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 20 Oktober 2019

Diperbaiki 15 November 2019

Diterima 1 Januari 2020

Kata Kunci

Superkonduktor BSCCO-2223

CaCO_3

Fraksi Volume

Derajat Orientasi

Efek *Meissner*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar CaCO_3 terhadap pembentukan fasa superkonduktor BSCCO-2223 dengan menghitung tingkat kemurnian fasa yang terbentuk, melihat struktur mikro dan efek *Meissner*. Variasi CaCO_3 yang digunakan sebesar 1,95; 2,00; 2,05 dan 2,10 mol menggunakan metode pencampuran basah dengan suhu kalsinasi 800 °C selama 10 jam dan suhu *sintering* 865 °C selama 30 jam. Hasil XRD menunjukkan tingkat kemurnian fasa yang terbentuk meningkat seiring dengan bertambahnya kadar Ca dan optimum pada kadar Ca 2,05 mol dan menurun pada kadar Ca 2,10 mol. Fraksi volume tertinggi didapatkan sebesar 74,48 % pada sampel kadar Ca 2,05 mol. Sedangkan fraksi volume terendah sebesar 48,17 % pada sampel kadar Ca 1,95 mol. Sementara, derajat orientasi tertinggi 11,61 % pada kadar Ca 2,05 mol. Derajat orientasi terendah 6,63 % pada kadar Ca 1,95 mol. Hasil SEM semua sampel telah terorientasi serta memiliki ruang kosong antar lempengan (*void*) yang relatif sedikit. Hasil efek *Meissner* hanya pada sampel kadar Ca 2,05 mol yang mengalami efek *Meissner* lemah berupa penolakan medan magnet.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Superkonduktor ditemukan pada tahun 1911 oleh Heike Kamerlingh Onnes dalam risetnya di Laboratorium Leiden, Belanda [1]. Superkonduktor merupakan suatu bahan yang tidak memiliki hambatan listrik terhadap arus yang konstan. Gejala superkonduktivitas pertama kali terjadi pada suhu tertentu untuk setiap logam dan merupakan titik transisi superkonduktivitas atau suhu kritis (T_c) [2][3]. Teknologi superkonduktor berkembang pesat sejak ditemukan superkonduktor suhu kritis tinggi pada tahun 1986. Superkonduktor suhu kritis tinggi adalah bahan oksida keramik yang berinduk pada senyawa kuprat (Cu-O) [4][5]. Salah satu bahan superkonduktor suhu kritis tinggi yang banyak dikaji adalah superkonduktor Bi-Sr-Ca-Cu-O atau *bismuth strontium calcium copper oxide* (BSCCO) [6][7]. Dari penemuan H. Maeda pada tahun 1988, superkonduktor BSCCO dikelompokkan menjadi tiga fasa, pada nilai

suhu transisi kritis $T_c \sim 20$ K ($n = 1$, BSCCO-2201), $T_c \sim 80-90$ K ($n = 2$, BSCCO-2212), dan $T_c \sim 110$ K ($n = 3$, BSCCO-2223).

Diantara ketiga fasa tersebut, fasa yang banyak mengambil perhatian adalah pada fasa dengan $n = 3$ yaitu $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ yang memiliki T_c melebihi suhu nitrogen cair dan juga merupakan bahan superkonduktor tipe II [8]. Namun, produksi fasa murni bahan BSCCO-2223 lebih sulit dan beberapa fasa yang tidak diinginkan atau impuritas dalam sintesis BSCCO-2223 diantaranya BSCCO-2212, BSCCO-2201, Ca_2PbO_4 , Ca_2CuO_3 , dan CuO [9][10]. Beberapa literatur menjelaskan adanya pengaruh perlakuan panas untuk mereduksi fasa impuritas pada superkonduktor dan menunjukkan adanya kemungkinan untuk meningkatkan nilai suhu kritis (T_c) [11][12]. Kemudian studi lebih lanjut dari perlakuan panas yang terpenting adalah untuk mengoptimalkan pembentukan kristal dari sampel dengan mengamati pengaruh kalsinasi dan sintering [13].

Kalsinasi berfungsi untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diperlukan dan mempengaruhi fraksi volume dalam hasil sintesis superkonduktor BSCCO. Fasa BSCCO-2223 juga dapat terbentuk lebih cepat dengan melakukan sintering. Fasa BSCCO-2223 terbentuk ketika suhu sintering 850°C [7]. Suhu sintering terbaik juga didapatkan pada suhu 865°C [15][16][17]. Sedangkan suhu 865°C waktu sintering terbaik yang didapatkan yaitu selama 30 jam [18]. Pemilihan suhu selama sintering mengacu pada diagram fasa [19]. Penambahan kadar Ca dalam sistem BSCCO sangat berpengaruh terhadap pembentukan fasa dan dapat meningkatkan fraksi volume. Bahan yang biasanya digunakan sebagai sumber Ca dalam mensintesis BSCCO yaitu CaCO_3 . Penelitian tentang sintesis bahan superkonduktor BSCCO-2223 tanpa doping Pb pada berbagai kadar CaCO_3 menghasilkan fraksi volume (FV) yang relatif tinggi, yaitu pada kadar $\text{CaCO}_3 = 2,10$ mol menggunakan metode padatan [20][21].

Beberapa metode sintesis superkonduktor antara lain metode padatan [22], metode sol gel [13], metode lelehan [23], dan metode pencampuran basah [14][21]. Kelebihan metode ini diantaranya senyawa HNO_3 dengan solubilitas yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai agen pelarut yang baik, sehingga ikatan yang terjadi bukan ikatan antar atom, tetapi ikatan antar ion [24]. Menurut penelitian pembentukan fasa BSCCO-2223 dengan metode pencampuran basah menghasilkan FV = 65,9 % [25]. Selain itu, penelitian Istikomah [18] menghasilkan FV = 79,17 % pada suhu sintering 30 jam menggunakan metode pencampuran basah.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan variasi kadar CaCO_3 terhadap pembentukan fasa superkonduktor BSCCO-2223 menggunakan metode pencampuran basah. Variasi kadar CaCO_3 yang dilakukan adalah 1,95; 2,00; 2,05; dan 2,1 mol. Sampel dikalsinasi pada suhu 800°C selama 10 jam dan disintering pada suhu 865°C selama 30 jam. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui tingkat kemurnian fasa yang terbentuk, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikro dari sampel dan uji efek *Meissner* untuk mengetahui penolakan medan magnet dari sampel.

2. Metode penelitian

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan oksida dan karbonat dengan tingkat kemurnian yang tinggi yaitu: Bi_2O_3 (99,9 %) dari *Strem Chemical*, SrCO_3 (99,9 %) dari *Strem Chemical*, CaCO_3 (99,95 %) dari *Strem Chemical*, CuO (99,9 %) dari *Merck*, HNO_3 68 %, nitrogen cair dan *aquades*. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan jumlah massa. Setelah bahan

larut, kemudian dilakukan pemanasan menggunakan alat pemanas (*hot plate*) dengan suhu sekitar 70 oC pada pH 1 hingga larutan menjadi kering dan mengeras. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan *aquades*.

Setelah dilakukan pemanasan, kemudian dilakukan pengeringan dalam *furnace* pada suhu 300, 400, dan 600 °C secara bertahap. Setelah bahan dikeringkan dalam *furnace*, dilakukan penggerusan dengan *mortar* dan *pastel* secara bertahap selama ±10 jam sampai bahan relatif halus kemudian dipeletisasi dengan massa tekan 8 ton. Bahan yang sudah berbentuk pelet dikalsinasi pada suhu 800 °C selama ±10 jam. Kalsinasi ini dimulai dari suhu ruang kemudian dinaikkan hingga mencapai suhu 800 °C kemudian ditahan selama 10 jam kemudian didinginkan dengan *furnace cooling*. Setelah dikalsinasi sampel digerus selama ±10 jam hingga relatif halus dan dipelet kembali. Sampel disintering pada suhu 865 °C selama 30 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan uji efek *Meissner*. Diagram alir penelitian ditampilkan pada Gambar 2.1.

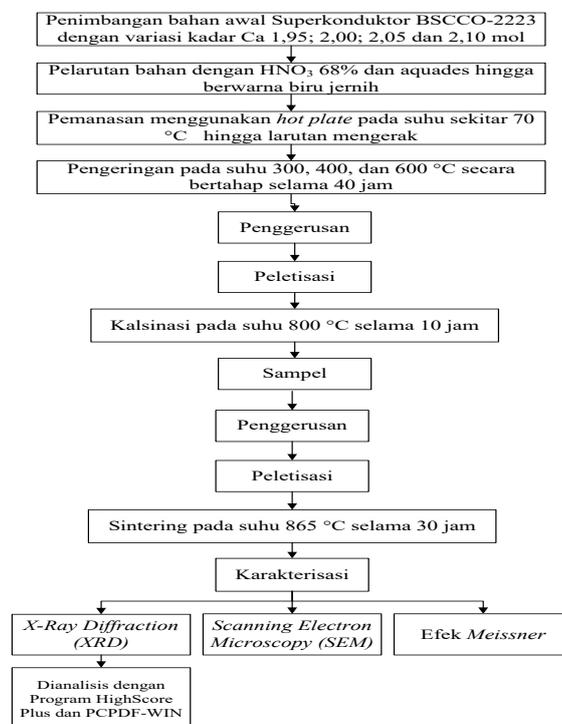
Hasil karakterisasi XRD dianalisis dengan program *HighScore Plus* versi 3.0e (3.0.5) dan *PCPDF-WIN* versi 1.30. Fasa BSCCO 2223 yang terbentuk dapat diperoleh dengan menghitung fraksi volume (FV), derajat orientasi (P) dan impuritas (I) yang terkandung pada sampel menggunakan persamaan (1) sampai dengan (3)

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

$$P = \frac{\sum I(001)}{\sum I(2223)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$I = 100\% - FV \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dengan FV, P dan I berturut-turut adalah fraksi volume, derajat orientasi, dan impuritas. Sedangkan I(total) , I(2223), dan I(001) berturut-turut adalah intensitas total, intensitas fasa 2223 dan intensitas fasa h=k=0 dan l bilangan genap.

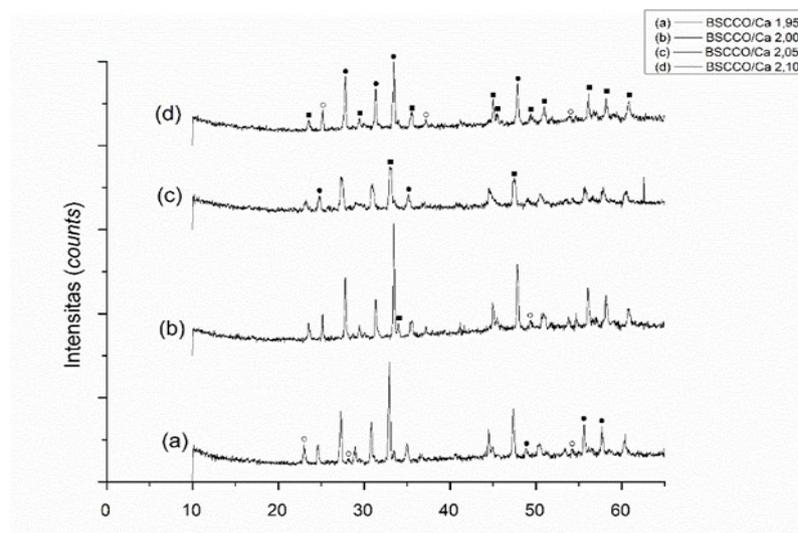


Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui tingkat kemurnian fasa yang terbentuk dalam sampel dengan menghitung fraksi volume, derajat orientasi dan impuritasnya. Hasil karakterisasi XRD pada semua sampel menunjukkan adanya fasa impuritas yang muncul sebagai fasa sekunder berupa fasa BSCCO-2212 dan BSCCO-2201. Puncak-puncak utama pada sampel dengan kadar Ca 1,95 mol dan Ca 2,05 mol masih terbilang identik karena merupakan fasa yang sama berupa BSCCO-2223, sedangkan puncak pada sampel dengan kadar Ca 2,00 mol dan Ca 2,10 mol fasa yang diidentifikasi yaitu berupa fasa BSCCO-2212 seperti pada Gambar 3.1. Menurut penelitian Amri, *et al.* [26], perbedaan fasa ini dipengaruhi juga oleh meningkat atau menurunnya intensitas sampel sehingga dapat mempengaruhi besarnya nilai fraksi volume.



Gambar 3.1. Hasil karakterisasi XRD keempat sampel. (Keterangan : kotak hitam (■):fasa BSCCO-2223, lingkaran hitam penuh (●):fasa BSCCO-2212 dan lingkaran hitam (○):fasa BSCCO-2201.

Hasil perhitungan tingkat kemurnian fasa yang terbentuk berupa fraksi volume (FV), impuritas (I) dan derajat orientasi P ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perhitungan Tingkat Kemurnian Fasa BSCCO-2223 dengan variasi Kadar CaCO_3

Kadar CaCO_3 (mol)	Fraksi Volume (%)	Impuritas		Derajat Orientasi (%)	
		BSCCO-2223	BSCCO-2212		BSCCO-2201
1,95	48,17		39,27	12,56	6,63
2,00	53,86		35,39	10,75	11,50
2,05	74,48		25,52	-	11,61
2,10	50,23		37,22	12,55	7,38

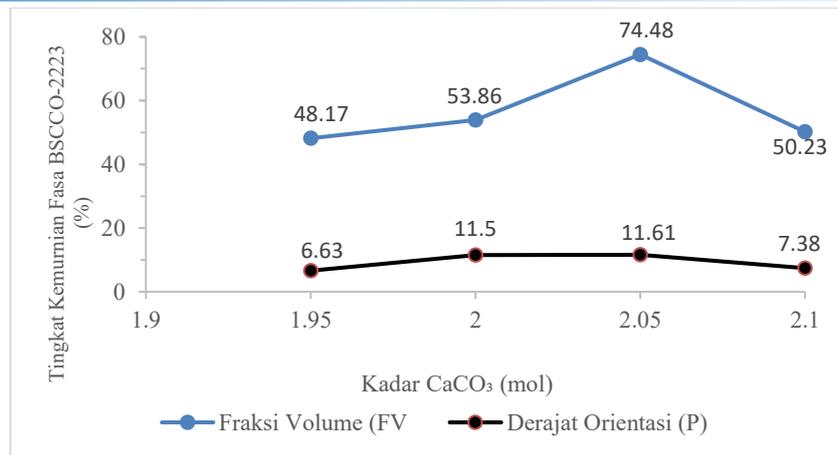
Variasi kadar CaCO_3 berpengaruh terhadap fraksi volume superkonduktor BSCCO-2223. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh terjadi peningkatan nilai FV dari kadar

Ca 1,95 mol; 2,00 mol dan optimum pada 2,05 mol, sedangkan pada kadar 2,10 mol terjadi penurunan nilai FV seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Hubungan antara kadar CaCO_3 terhadap tingkat kemurnian fasa BSCCO-2223 meliputi fraksi volume (FV) dan impuritas (I) dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Sampel yang menghasilkan nilai FV tertinggi adalah kadar Ca 2,05 mol menghasilkan FV = 74,48% dan I = 25,52% dengan seluruh impuritas merupakan fasa sekunder BSCCO-2212. Sedangkan sampel dengan nilai FV terendah adalah kadar Ca 1,95 mol menghasilkan FV = 48,17% dengan I = 51,83% yang terdiri dari BSCCO-2212 = 39,27% dan BSCCO-2201 = 12,56%. Kadar Ca 2,00 mol menghasilkan FV = 53,86% dengan I = 46,14% yang terdiri dari BSCCO-2212 = 35,39% dan BSCCO-2201 = 10,75%. Kadar Ca 2,10 mol menghasilkan FV = 50,22% dengan I = 49,78% yang terdiri dari fasa sekunder BSCCO-2212 = 37,22% dan BSCCO-2201 = 12,55%.

Kemudian hasil yang diperoleh juga dihitung derajat orientasinya menggunakan persamaan (2) berupa nilai puncak dengan nilai $h = k = l$ merupakan bilangan genap. Hasil perhitungan P dari masing-masing sampel menghasilkan nilai P tertinggi pada kadar Ca 2,05 mol menghasilkan 11,61% yang didapat dari $2\theta = 28,9099^\circ$ ber-hkl (0 0 12) dan $2\theta = 29,5392^\circ$ ber-hkl (0 0 12). Sedangkan nilai P terendah terdapat pada kadar Ca 1,95 mol dengan P = 6,63% yang didapat dari puncak pada $2\theta = 28,8253^\circ$ ber-hkl (0 0 12). Kadar Ca 2,00 mol menghasilkan P = 11,50% yang didapat dari puncak $2\theta = 29,4337^\circ$ ber-hkl (0 0 12) dan $2\theta = 33,9482^\circ$ ber-hkl (0 0 14). Nilai P pada kadar Ca 2,00 mol meningkat dibandingkan P pada Kadar Ca 1,95 mol. Namun setelah optimum pada kadar Ca 2,05 mol, nilai perhitungan dari kadar Ca 2,10 mol menurun pada P = 7,38% yang didapat dari puncak $2\theta = 29,4662^\circ$ ber-hkl (0 0 12).

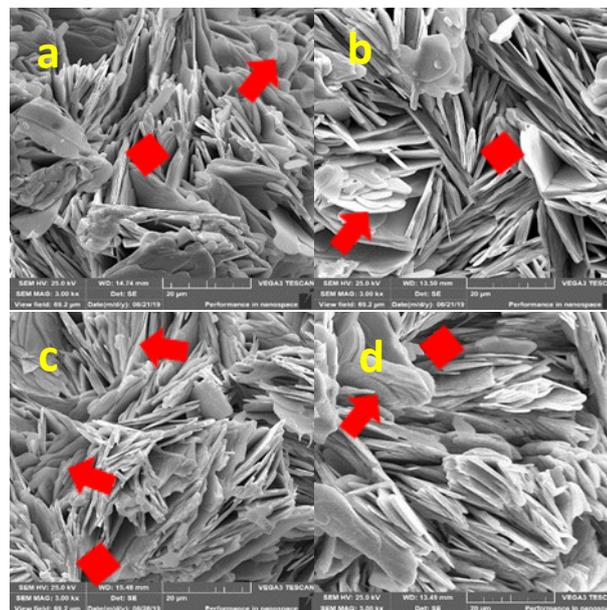
Gambar 3.2. menunjukkan bahwa keadaan FV semakin meningkat dari kadar CaCO_3 1,95 mol dan optimum pada 2,05 mol kemudian nilai FV mengalami penurunan pada kadar 2,10 mol. Sedangkan derajat orientasi tertinggi terdapat pada kadar 2,05 mol dan yang terendah pada kadar 1,95 mol. Menurut penelitian Strobel, et al. [19], proses pemanasan pada suhu 865°C menghasilkan dua fasa 2212+2223+L1, dengan L1 sebagai cairan lelehan yang biasanya pada suhu $< 900^\circ\text{C}$ sehingga menyebabkan sulitnya pembentukan fasa tunggal dan secara sistematis mengurangi komposisi Ca dan Cu. Penambahan kadar Ca pada sampel dikarenakan Ca adalah unsur yang berpengaruh pada pembentukan fasa BSCCO. Ca merupakan atom yang berperan dalam pemisah antara bidang CuO yang terbentuk (bidang CuO dipisahkan oleh bidang CaO dalam sistem BSCCO, bidang CaO didapatkan dari CaCO_3 yang terurai menjadi CaO dan CO_2 lalu kemudian CO_2 dapat hilang karena proses pemanasan). Semakin banyak CuO yang terbentuk dalam kristal BSCCO semakin banyak pula kristal yang terikat. Sehingga semakin tinggi kadar Ca maka semakin besar kemungkinan terjadinya pembentukan fasa BSCCO-2223. Namun, tidak selalu penambahan kadar Ca dapat meningkatkan fraksi volume.



Gambar 3.2. Hubungan Kadar CaCO_3 terhadap Tingkat Kemurnian Fasa BSCCO-2223

3.2. Hasil Karakterisasi SEM

Gambar 3.3(a). menampilkan struktur mikro dari sampel dengan kadar Ca 1,95 mol. Pada Gambar 3.3(a). terlihat struktur mikronya berupa lempengan-lempengan berlapis dan terorientasi searah dengan perhitungan derajat orientasi (P) = 7,39 % serta terdapat ruang kosong (*void*) di beberapa bagian lempengan. Struktur mikro sampel dengan kadar Ca 2,00 mol ditampilkan pada Gambar 3.3(b). dengan derajat orientasi sebesar 11,50 % serta sampel ini juga terdapat ruang kosong (*void*). Gambar 3.3(c). menampilkan struktur mikro dari sampel kadar Ca 2,05 mol. Struktur mikro sampel ini memiliki P sebesar 11,61 %. Hasil ini merupakan hasil perhitungan P tertinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Nilai ini meningkat dibandingkan derajat orientasi pada kadar Ca 2,00 mol. Strukturnya berupa lempengan tersebut cenderung lebih acak dan saling bertumpuk serta ruang kosong (*void*) yang berukuran kecil.



Gambar 3.3. Hasil karakterisasi SEM pada BSCCO-2223 dengan variasi CaCO_3 (a). Kadar Ca 1,95 mol (b). Kadar Ca 2,00 mol (c). Kadar Ca 2,05 mol (d). Kadar Ca 2,10 mol (Keterangan: tanda panah () menunjukkan lempengan yang telah terorientasi, dan tanda () menunjukkan ruang kosong (*void*) dengan perbesaran yang digunakan 3000x)

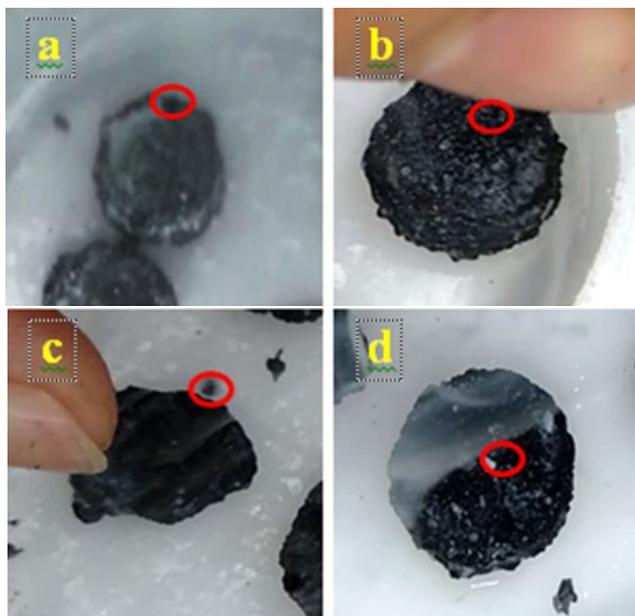
3.3. Hasil Uji Efek *Meissner*

Karakterisasi efek *Meissner* dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sampel yang dibuat berupa ada tidaknya efek penolakan medan magnet dari sampel setelah direndam pada nitrogen cair dan diletakkan magnet di atasnya sebagai tanda sampel tersebut menolak medan magnet dari luar. Hasil karakterisasi efek *Meissner* ditampilkan pada Tabel 3.2.

Table 3.2. Hasil Uji Efek *Meissner* pada BSCCO-2223 dengan Variasi Kadar CaCO_3

Kadar CaCO_3 (mol)	Levitasi
1,95	Tidak ada
2,00	Tidak ada
2,05	Lemah
2,10	Tidak ada

Hasil pengujian efek *Meissner* pada kadar Ca 1,95 mol; kadar Ca 2,00 mol dan Kadar Ca 2,10 mol sangat lemah dapat dikatakan tidak ada seperti Gambar 3.4.(a), (b) dan (d). Saat pengujian, setelah sampel direndam pada nitrogen cair dan suhunya kira-kira sudah mencapai suhu kritisnya diletakkan magnet diatas masing-masing sampel tersebut dan tidak ada penolakan medan magnet dari sampel, magnet hanya jatuh pada permukaan sampel. Sedangkan pada kadar Ca 2,05 mol hasil pengujian menunjukkan setelah sampel direndam pada nitrogen cair dan suhunya kira-kira sudah mencapai suhu kritisnya, ketika diletakkan magnet di atasnya magnet tersebut ditolak sehingga bergeser dan jatuh menjauhi sampel ditunjukkan pada Gambar 3.4.(c). Hasil pengujian efek *Meissner* ini ditampilkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Hasil karakterisasi efek *Meissner* pada BSCCO-2223 dengan variasi CaCO_3 (a). Kadar Ca 1,95 mol (b). Kadar Ca 2,00 mol (c). Kadar Ca 2,05 mol (d). Kadar Ca 2,10 mol (Keterangan: tanda lingkaran merah (o) menandakan posisi magnet saat dilakukan pengujian di atas sampel yang telah direndam nitrogen cair).

Dari keempat sampel yang diuji hanya satu yang menunjukkan Efek *Meissner* lemah berupa penolakan medan magnet saat diletakkan magnet di atas sampel setelah didinginkan menggunakan nitrogen cair, ketiga sampel lainnya tidak menunjukkan Efek *Meissner*. Penelitian Susanti [27], mengungkapkan sampel yang mengandung banyak pengotor menyebabkan sampel tidak mengalami efek Meissner yang kuat serta stoikiometri reaksi pembentukan fasa yang tidak optimal pada suhu pemanasan sebelumnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu variasi kadar CaCO_3 berpengaruh pada tingkat kemurnian fasa BSCCO-2223 dengan nilai yang meningkat dari kadar terendah hingga mendapatkan fraksi volume optimum atau terbesar pada kadar Ca 2,05 mol, kemudian menurun kembali pada kadar Ca 2,10 mol. Tingkat kemurnian fasa bahan superkonduktor BSCCO-2223 terbaik diperoleh pada kadar Ca 2,05 mol dengan fraksi volume sebesar 74,48 %. Sedangkan fraksi volume terendah diperoleh pada kadar Ca 1,95 mol sebesar 48,17%. Hasil karakterisasi SEM, struktur mikro bahan superkonduktor BSCCO-2223 telah terorientasi serta memiliki ruang kosong antar lempengan (*void*) yang relatif sedikit. Nilai derajat orientasi tertinggi diperoleh pada kadar Ca 2,05 mol sebesar 11,61% dan terendah diperoleh pada kadar Ca 1,95 mol sebesar 6,63%. Hasil karakterisasi Efek Meissner tampak hanya satu sampel pada kadar Ca 2,05 mol yang mengalami efek *Meissner* lemah berupa penolakan medan magnet, sedangkan ketiga sampel lainnya tidak mengalami efek *Meissner*.

Daftar Pustaka

- [1] Puri; R. K. Dan V. K. Babbar, *Solid State Of Physics*, 1997th Ed. New Delhi: S.Chand And Company LTD.
- [2] Nurmalita, "The Effect Of Pb Dopant On The Volume Fraction Of BSCCO-2212 Superconducting Crystal," *J. Nat.*, Vol. 11, No. 2, Pp. 52–57, 2011.
- [3] 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.
- [4] A. Khurana, "High-Temperature Supercurrents May Not Be Forever," *Phys. Today*, Vol. 42, No. 3, Pp. 17–21, 1989.
- [5] 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.
- [6] S. Chu And M. E. Mchenry, "Crystals," Pp. 589–595, 1998.
- [7] 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.
- [8] H. Dan K. T. Maeda, *Bismuth-Based High-Temperature Superconductors*. New York: Marcel Dekker Inc., 1996.
- [9] M. S. Shalaby, H. M. Hashem, T. R. Hammad, L. A. Wahab, K. H. Marzouk, And S. Soltan, "Higher Critical Current Density Achieved In Bi-2223 High-T C Superconductors," *J. Radiat. Res. Appl. Sci.*, Vol. 9, No. 3, Pp. 345–351, 2016.
- [10] V. Garnier, I. Monot-Laffez, And G. Desgardin, "Optimization Of Sintering Conditions On The Bi-2223 Formation And Grain Size," *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.*, Vol. 83, No. 1–3, Pp. 48–54, 2001.
- [11] A. Ghattas, M. Annabi, M. Zouaoui, F. Ben Azzouz, And M. Ben Salem, "Flux Pinning By Al-Based Nano Particles Embedded In Polycrystalline (Bi,Pb)-2223 Superconductors," *Phys. C Supercond. Its Appl.*, Vol. 468, No. 1, Pp. 31–38, 2008.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] N. S. Bi *Et Al.*, "Lydia Rohmawati, Darminto," Vol. 4, Pp. 22–26, 2012.
- [15] Lusiana, "Proses Pembuatan Material Superkonduktor Bscoco Dengan Metoda Padatan," *Maj. Metal.*, Pp. 73–82, 2013.
- [16] 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.
- [17] K. Dewi, Suprihatin, And Syafriadi, "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Tingkat Kemurnian Fase Superkonduktor BSCCO-2223 Pada Kadar Ca 2, 10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah," *J. Teor. Dan Apl. Fis.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 63–68, 2019.
- [18] S. Istikomah And A. Riyanto, "Sintesis Superkonduktor BSCCO-2223 Dengan Variasi Waktu Sintering Pada Kadar Ca = 2, 10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah," Vol. 07, No. 02, Pp. 139–145, 2019.
- [19] P. Strobel *Et Al.*, "Phase Diagram Of The System Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr₂Cu₀₆-CaCuO₂ Between 825°C And 1100°C," *Phys. C Supercond. Its Appl.*, Vol. 201, No. 1–2, Pp. 27–42, 1992.
- [20] H. Handayani, "Sintesis Bahan Superkonduktor BSCCO-2223 Tanpa Doping Pb Pada Berbagai Kadar CaCo₃," *Skripsi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2013.
- [21] 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.
- [22] R. M. Fauzi, "Pertumbuhan Fase Superkonduktor Bi-2223 Dengan Variasi Doping Pb (BPSCCO-2223) Pada Kadar Ca= 2, 10 Dan Suhu Sintering 855 °c." Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2017.
- [23] I. Marhaendrajaya, "Eksperimen Pembentukan Kristal BPSCCO-2223 Dengan Metoda Lelehan," *Berk. Fis.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 33–40, 2001.
- [24] Dan A. W. I. G. Pradhana, I. G. C., Wayan, G. S., "Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Struktur Kristal," *Bul. Fis.*, Vol. 7, Pp. 34–40, 2016.
- [25] Dan D. Khafifah, K., Baqiya, M. A., "Nanokristalisasi Superkonduktor Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O Dengan Variasi Kalsinasi Dan Sintering Melalui Metode Pencampuran Basah." Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2011.
- [26] F. Amri *Et Al.*, "Pengaruh Sintering Berulang Terhadap Struktur Kristal Dan Morfologi Permukaan Bi,Pb-Sr-Ca-Cu-O Yang Didoping Mg," *Widyariset*, Vol. 4, No. 2, P. 197, 2018.
- [27] H. Susanti, "Superconductor Science And Technology." Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.



Prastiana Tiara Pratiwi, lahir di Lampung Utara 14 Desember 1996, agama Islam. Penulis menamatkan pendidikan di SDN 7 Metro Pusat 2009. Setelah itu penulis melanjutkan jenjang pendidikan di SMP N 4 METRO dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA N 1 METRO dan lulus pada tahun 2015. Atas anugerah ALLAH SWT maka penulis dapat melanjutkan pendidikan S1 pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Alamat Email: prastianatiarapратиwi@gmail.com