

**PENGARUH VARIASI WAKTU SINTERING TERHADAP
PEMBENTUKAN FASE SUPERKONDUKTOR BPSCCO-2212 DENGAN
KADAR DOPING Pb 0,20 DAN Ca 1,10 MOL PADA SUHU SINTERING
835°C MENGGUNAKAN METODE PENCAMPURAN BASAH**

(Skripsi)

Oleh

Farra Fazzria Octaviani



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI WAKTU SINTERING TERHADAP PEMBENTUKAN FASE SUPERKONDUKTOR BPSCCO-2212 DENGAN KADAR DOPING Pb 0,20 DAN Ca 1,10 MOL PADA SUHU SINTERING 835°C MENGGUNAKAN METODE PENCAMPURAN BASAH

Oleh

Farra Fazzria Octaviani

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu sintering terhadap pembentukan fase superkonduktor BSCCO-2212 dengan kadar doping Pb 0,20 mol dan Ca 1,10 mol menggunakan metode penampuran basah dengan menghitung tingkat kemurnian fase dan melihat struktur mikronya. Variasi waktu sintering yang digunakan adalah 10, 20, 30, dan 40 jam dengan suhu sintering 835°C. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil XRD menunjukkan bahwa semakin lama waktu sintering yang dilakukan, semakin tinggi tingkat kemurnian fase yang dihasilkan. Fraksi volume tertinggi didapatkan sebesar 92,33% pada sampel BPSCCO-2212/ts40, dan fraksi volume terendah sebesar 74,35% pada sampel BPSCCO-2212/ts10. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan sudah terorientasi serta memiliki ruang kosong (*void*) yang sedikit.

Kata Kunci: Superkonduktor BPSCCO-2212, waktu sintering, fraksi volume.

ABSTRACT

THE EFFECT OF SINTERING TIME VARIATION ON THE FORMATION OF BPSCCO-2212 SUPERCONDUCTOR PHASE WITH DOPING LEVELS OF Pb 0,20 AND Ca 1,10 MOL AT SINTERING TEMPERATURE 835°C USING WET MIXING METHOD

By

Farra Fazzria Octaviani

Research has been carried out on the effect of variations in sintering time on the formation of the BSCCO-2212 superconductor phase with Pb doping levels of 0,20 mol and Ca 1,10 mol using the wet mixing method by calculating the phase purity level and looking at the microstructure. The variations in sintering time used were 10, 20, 30, and 40 hours with a sintering temperature of 835°C. The synthesized samples were characterized using X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM). The XRD results show that the longer the sintering time, the higher the level of purity of the resulting phase. The highest volume fraction was obtained at 92.33% in the BPSCCO-2212/ts40 sample, and the lowest volume fraction was 74.35% in the BPSCCO-2212/ts10 sample.

Keywords: *Superconductor BPSCCO-2212, sintering time, volume fraction.*

**PENGARUH VARIASI WAKTU SINTERING TERHADAP
PEMBENTUKAN FASE SUPERKONDUKTOR BPSCCO-2212 DENGAN
KADAR DOPING Pb 0,20 DAN Ca 1,10 MOL PADA SUHU SINTERING
835°C MENGGUNAKAN METODE PENCAMPURAN BASAH**

Oleh

FARRA FAZZRIA OCTAVIANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **Pengaruh Variasi Waktu Sintering terhadap Pembentukan Fase Superkonduktor BPSCCO-2212 dengan Kadar Doping Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol pada Suhu Sintering 835°C Menggunakan Metode Pencampuran Basah**

Nama Mahasiswa : **Farra Fazzria Octaviani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041032**

Program Studi : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Suprihatin, S.Si., M.Si.
NIP. 197304141997022001

Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 198608222015041002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

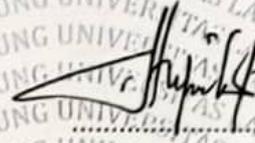
iv

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

Ketua

Suprihatin, S.Si., M.Si.



Sekretaris

Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.



Penguji Bukan

Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.



Pembimbing

2. **Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 September 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan dengan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 April 2024



Farra Fazzria Octaviani
NPM. 1817041032

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Farra Fazzria Octaviani, dilahirkan pada tanggal 23 Oktober 2000 di Jakarta Timur.

Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Ibu Noula Yulianti dan Bapak Ruslani. Penulis menyelesaikan Pendidikan di TK Bentara Indonesia II pada tahun 2006, SDN Jati 05 Pagi Jakarta pada tahun 2012,

SMPN 92 Jakarta pada tahun 2015, dan SMAN 36 Jakarta pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil konsentrasi keilmuan pada bidang Fisika Material. Penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga (KRT) pada tahun 2019-2020, lalu menjabat sebagai Sekretaris Biro KRT pada tahun 2020.

Pada tahun 2021, penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis juga telah mengikuti program pengabdian masyarakat dengan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN)

pada tahun 2021 di Kelurahan Cipinang, Jakarta Timur.

Penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Sintering terhadap Pembentukan Fase Superkonduktor BPSCCO-2212 dengan Kadar Doping Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol pada Suhu Sintering 835°C Menggunakan Metode Pencampuran Basah”** yang bertempat di Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“For indeed, with hardship comes ease.”

(Al Quran, 94 : 5)

“The future depends on what you do today.”

(Anonim)

“ Jangan takut dengan apa yang sedang terjadi saat ini padamu, jalani saja. Jalani, ikuti alurnya, karena Allah tak pernah salah dalam memilih skenario hidup setiap hamba-Nya.”

(Anonim)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahuwa ta'ala, karya kecil ini kupersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta Ibu Noula Yulianti dan Bapak Ruslani

“Terimakasih untuk segala do’a, usaha, dukungan serta limpahan kasih sayang tiada henti yang selalu diberikan demi keberhasilanku. Terimakasih telah menjadi orang tua hebatku di dunia ini hingga mampu dan berhasil mendidik sampai mencapai gelar sarjana ini”

Ibu dan Bapak Dosen

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan, semoga dapat bermanfaat dan menjadi ladang pahala yang selalu mengalir untuk Ibu dan Bapak.

Kakak, Adik, Keluarga Besar & Sahabat-Sahabat Terdekat

Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA Unila 2018

dan

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberi nikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Sintering terhadap Pembentukan Fase Superkonduktor BPSCCO-2212 dengan Kadar Doping Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol pada Suhu Sintering 835°C Menggunakan Metode Pencampuran Basah”**. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang pengaruh variasi waktu sintering pada pembentukan fase superkonduktor BPSCCO-2212 menggunakan metode pencampuran basah dan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, demi sempurnanya skripsi ini.

Bandar Lampung, 26 April 2024

Farra Fazzria Octaviani

NPM. 1817041032

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan, kemudahan, serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Pembentukan Fase Superkonduktor BPSCCO-2212 Dengan Kadar Doping Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol Pada Suhu Sintering 835°C Menggunakan Metode Pencampuran Basah”**. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pemikiran. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberi waktu, bimbingan, arahan, motivasi, nasihat serta ilmunya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
3. Ibu Dr. Yanti Yulianti S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah

memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menempuh studi pada bangku perkuliahan.

6. Ibu dan Bapak Dosen Jurusan Fisika, atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh studi pada bangku perkuliahan.
7. Kedua orang tuaku tercinta, Ibu Noula Yulianti dan Bapak Ruslani sebagai wujud tanggung jawab atas kepercayaan yang telah diamanatkan kepadaku serta atas cinta kasih sayang, kesabaran yang tulus ikhlas membesarkan, merawat dan memberikan dukungan moral, serta selalu mendoakanku selama menempuh pendidikan. Kebahagiaan dan rasa bangga kalian menjadi tujuan hidupku. Semoga Allah SWT senantiasa memuliakan kalian baik di dunia maupun di akhirat. Aamiin.
8. Yang tersayang kakakku Novia Larucha, serta kedua adikku Nadzla Nayla Rizhanty dan Baby Khalila Athaya Jannah yang selalu menghibur, memberi dukungan, semangat, do'a, dan motivasi selama ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Sahabat-sahabatku Widya Hardiantika, Alfia Tiara, Siti Adilah, Intan Berliana, Putri Mutiara, Adinda Kartika, Azra Asvira, Syahrina Husna, Fahda Rufaidah, dan Nur Isnaini yang selalu memberikan dukungan penuh juga selalu ada disaat susah-senang serta menjadi kawan diskusi dan penghibur yang baik. Semoga Allah SWT membalas kalian semua dengan hal yang lebih baik. Aamiin.
10. Teman penelitian tim superkonduktor, Cahlia Kurnia dan Rahmat Kesuma Putra.
11. Teman-teman seperjuangan Fisika 2018.

12. Teruntuk pemilik NPM 1817041018, terima kasih telah menjadi salah satu sumber motivasiku dalam menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu bentuk dalam memantaskan diri. Terima kasih telah mendengarkan keluhan, meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta dukungan moral. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidupku.

Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan dengan hal yang lebih baik.

Bandar Lampung, 26 April 2024

Farra Fazzria Octaviani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Superkonduktor	7
2.2 Karakteristik Superkonduktor	9
2.2.1 Tanpa Resistivitas ($\rho = 0, T \leq T_c$)	9
2.2.2 Diamagnetik Sempurna ($B = 0, T \leq T_c$)	9
2.3 Superkonduktor BSCCO	9
2.4 Diagram Fase Superkonduktor	11
2.5 Doping Pb	12
2.6 Karakterisasi	13
2.6.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	13
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	15

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1 Alat Penelitian	18
3.2.2 Bahan Penelitian.....	18
3.2.3 Komposisi Bahan Dasar	19
3.3 Proedur Penelitian	19
3.3.1 Penimbangan	20
3.3.2 Pelarutan	20
3.3.3 Pemanasan	20
3.3.4 Pengeringan	20
3.3.5 Penggerusan	21
3.3.6 Kompaksi	21
3.3.7 Kalsinasi	21
3.3.8 Sintering	22
3.3.9 Karakterisasi	22
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	25
4.2 Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	30

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.....	32

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Magnetisasi bahan superkonduktor terhadap kuat medan magnet (Rahardjo <i>et al.</i> , 2012)	8
Gambar 2.2. Struktur kristal sistem BSCCO untuk fase; (a) 2201, (b) 2212, (c) 2223 (Lehndroff, 2001)	10
Gambar 2.3. Diagram fase superkonduktor BSCCO (Strobel <i>et al.</i> , 1992)	12
Gambar 2.4. Skema kerja XRD (Cullity, 1978)	13
Gambar 2.5. Skema hukum Bragg (Cullity, 1978)	14
Gambar 2.6. Skema kerja SEM (Goldstein <i>et al.</i> , 2007)	16
Gambar 3.1. Diagram Pengeringan (Khafifah <i>et al.</i> , 2011)	20
Gambar 3.2. Diagram Kalsinasi (Khafifah <i>et al.</i> , 2011)	21
Gambar 3.3. Diagram Sintering (Khafifah <i>et al.</i> , 2011)	22
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 4.1. Spektrum XRD BPSCCO-2212/ts10	25
Gambar 4.2. Spektrum XRD BPSCCO-2212/ts20	25
Gambar 4.3. Spektrum XRD BPSCCO-2212/ts30	26
Gambar 4.4. Spektrum XRD BPSCCO-2212/ts40	26

Gambar 4.5. Hubungan antara variasi waktu sintering terhadap tingkat kemurnian fase BPSCCO-2212	28
Gambar 4.6. Hasil karakterisasi SEM pada BPSCCO-2212/ts40	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Komposisi bahan awal BPSCCO-2212 dengan kadar Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol	19
Tabel 4.1. Kode sampel	24
Tabel 4.2. Hasil perhitungan fraksi volume (Fv) dan derajat orientasi (P) fase BPSCCO-2212	27
Tabel 4.3. Hasil perhitungan impuritas (I) fase BPSCCO-2212	27

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Generasi awal superkonduktor dikenal sebagai superkonduktor konvensional, ditemukan pada tahun 1911 oleh fisikawan Belanda bernama Heike Kamerlingh Onnes. Superkonduktor konvensional umumnya merupakan senyawa atau paduan logam dan memiliki suhu kritis (T_c) yang rendah, yaitu di bawah suhu nitrogen cair (77K). Teknologi superkonduktor mulai berkembang pesat sejak ditemukannya superkonduktor suhu kritis tinggi (SKST) yaitu superkonduktor oksida Bi-2223 dan Ti-2223 dengan suhu kritis 110K dan 125K (Sukirman *et al.*, 2003). Pada $T \leq T_c$, suatu bahan memiliki sifat superkonduktor jika menunjukkan dua sifat spesifik: konduktivitas sempurna tanpa hambatan ($\rho = 0$) dan diamagnetik sempurna dengan $B = 0$ (Thinkam, 1996).

Superkonduktor suhu tinggi berbasis bismuth disebut dengan sistem BSCCO. Bi-2201 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$), Bi-2212 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$) dan Bi-2223 ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_z$) merupakan tiga fase stabil dari sistem BSCCO, dengan suhu kritis 10K, 80K, dan 110K (Sato, 2015). Superkonduktor dalam sistem BSCCO adalah superkonduktor oksida keramik dengan struktur berlapis, sehingga sangat rapuh dan mudah patah (Subarwanti, 2013).

Superkonduktor BSCCO-2212 adalah bahan superkonduktor yang mudah membentuk senyawa padat polikristalin dan merupakan pendekatan yang tepat untuk pembuatan kristal tunggal diantara superkonduktor berbasis bismuth lainnya. Akibatnya, BSCCO-2212 sering digunakan sebagai model penelitian superkonduktor berbasis bismuth (Rohmawati dan Darminto, 2012).

Dengan penambahan doping, kemurnian fase dan suhu kritis (T_c) superkonduktor dapat dinaikkan (Currie dan Forest, 1998). Bahan doping memiliki sifat dan manfaatnya sendiri. Pemilihan doping Pb dilakukan untuk menjaga kestabilan struktur superkonduktor BSCCO karena ukuran atom dan nomor valensi bahan Pb sebanding dengan unsur Bi, sehingga Pb dapat digunakan sebagai pengganti Bi dalam sistem BSCCO (Roumie *et al.*, 2014).

Metode sintesis, jenis bahan yang digunakan, penggunaan doping, serta suhu dan durasi sintering, adalah semua faktor yang perlu dipertimbangkan saat proses pembentukan superkonduktor BSCCO yang baik (Santoso, 2006). Unsur - unsur penyusun senyawa dapat dicampur secara menyeluruh menggunakan metode pencampuran basah dan menghasilkan senyawa dengan homogenitas yang tinggi (Sumadiyasa *et al.*, 2015).

Ada beberapa cara untuk mensintesis superkonduktor, antara lain metode sol gel, metode padatan, metode lelehan, dan metode pencampuran basah. Untuk dapat membantu mengikat logam, dan bahan-bahan dasar yang digunakan seperti garam nitrat metode sol gel umumnya menggunakan senyawa logam *ethylene diamine tetra acid* (EDTA) (Fallah-Arani *et al.*, 2018). Pada metode padatan, biasanya menggunakan bahan dalam bentuk serbuk, terjadi 2 tahap reaksi yaitu nukleasi

dan pertumbuhan kristal (Lusiana, 2014). Metode lelehan, merupakan metode yang menggunakan kelebihan salah satu atau beberapa unsur pembentuk dari senyawa itu sendiri sebagai fluks (Marhaendrajaya, 2005). Melalui metode pencampuran basah, unsur – unsur penyusun senyawa dapat bercampur dengan baik sehingga diperoleh senyawa dengan homogenitas tinggi (Sumadiyasa *et al.*, 2015).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ghofur (2007) mengenai variasi doping Pb 0; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 mol pada suhu sintering 820°C menggunakan metode reaksi padatan menunjukkan bahwa sampel doping Pb dengan kadar 0,2 mol terbentuk fraksi volume sebesar 86,25% dan derajat orientasi 21,25% yang kemudian dijadikan sebagai acuan penggunaan kadar Pb pada penelitian Karo Karo, dkk (2021).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Karo Karo, dkk (2021) menunjukkan adanya penambahan doping Pb 0,20 mol yang berpengaruh terhadap tingkat kemurnian fase Bi-2212 diukur berdasarkan fraksi volume, impuritas, dan derajat orientasi. Nilai fraksi volume superkonduktor BPSCCO-2212 mencapai titik optimum pada suhu sintering 835°C.

Pratiwi (2020) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi kadar CaCO_3 terhadap pertumbuhan fase superkonduktor BPSCCO-2212 menggunakan metode pencampuran basah. Kadar Ca yang digunakan yaitu sebesar 0,95; 1,00; 1,05; dan 1,10 mol. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fraksi volume tertinggi pada sampel BPSCCO-2212 terdapat pada kadar Ca 1,10 mol yaitu sebesar 79,06% dan fraksi volume terendah terdapat pada kadar 0,95 mol yaitu sebesar 72,10%. Semakin banyak kadar Ca yang digunakan pada sampel, maka nilai fraksi volume

yang dihasilkan semakin besar. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Suprihatin, dkk (2017) bahwa fraksi volume yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya kadar Ca, dan kadar Ca yang optimal dalam pembentukan fase BPSCCO-2212 sebesar 1,10 mol.

Penelitian juga dilakukan oleh Rahmah (2020) mengenai pengaruh variasi waktu sintering selama 10, 20, 30, dan 40 jam dalam sintesis superkonduktor BSCCO-2212 dengan kadar Ca=1,10 mol menggunakan metode pencampuran basah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BPSCCO-2212 yang disintering pada suhu 830°C mengalami penurunan tingkat kemurnian fase seiring bertambahnya waktu sintering dengan fraksi volume tertinggi terdapat pada waktu sintering selama 10 jam yaitu sebesar 90,48%.

Pada penelitian ini, dilakukan pengaruh variasi waktu sintering 10, 20, 30, dan 40 jam terhadap tingkat kemurnian fase superkonduktor BPSCCO-2212 dengan kadar doping Pb 0,20 dan Ca 1,10 mol menggunakan metode pencampuran basah. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui tingkat kemurnian fase yang terbentuk dengan menghitung fraksi volume (Fv), derajat orientasi (P), dan impuritas (I), serta *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikronya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu sintering terhadap tingkat kemurnian fase superkonduktor BPSCCO-2212 dengan menghitung fraksi volume (Fv), derajat orientasi (P), dan impuritas (I)?
2. Bagaimana struktur mikro superkonduktor BPSCCO-2212 pada waktu sintering terbaik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sintesis dilakukan dengan metode pencampuran basah;
2. Doping menggunakan Pb dengan kadar 0,2;
3. Sampel dikalsinasi pada suhu 800°C selama 10 jam;
4. Variasi waktu sintering 10, 20, 30, dan 40 jam pada suhu 835°C;
5. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu sintering terhadap pembentukan fase superkonduktor BPSCCO-2212 dengan menghitung fraksi volume (Fv), derajat orientasi (P), dan impuritasnya (I).

2. Mengetahui struktur mikro superkonduktor BPSCCO-2212 pada waktu sintering terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi waktu sintering 10, 20, 30, dan 40 jam terhadap pembentukan fase superkonduktor BPSCCO-2212.
2. Sebagai acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut, terutama untuk bahan superkonduktor BPSCCO-2212.
3. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, khususnya KBK Material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Superkonduktor

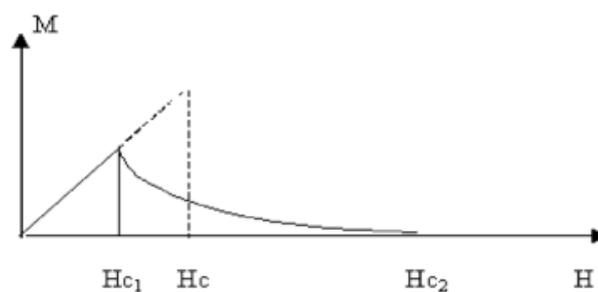
Superkonduktor pertama kali ditemukan oleh fisikawan Belanda, Heike Kamerlingh Onnes, dari Universitas Leiden pada tahun 1911. Sebelumnya pada tanggal 10 Juli 1908, Onnes berhasil mencairkan helium dengan cara mendinginkan hingga 4 K atau -269°C . Kemudian pada tahun 1911, Onnes mulai mempelajari sifat-sifat listrik dari logam pada suhu yang sangat dingin. Pada waktu itu telah diketahui bahwa hambatan suatu logam akan turun ketika didinginkan di bawah suhu ruang, akan tetapi belum ada yang dapat mengetahui berapa batas bawah hambatan yang dicapai ketika temperatur logam mendekati 0K atau nol mutlak (Yulianti, 2002).

Beberapa ilmuwan seperti William Kelvin memperkirakan bahwa elektron yang mengalir dalam konduktor akan berhenti ketika suhu mencapai nol mutlak. Sedangkan Onnes memperkirakan bahwa hambatan akan menghilang pada keadaan tersebut. Onnes mengalirkan arus pada kawat merkuri yang sangat murni, kemudian mengukur hambatannya sambil menurunkan suhunya. Pada suhu 4,2K, ternyata hambatannya tiba-tiba menjadi hilang. Dengan tidak adanya hambatan, maka arus dapat mengalir tanpa kehilangan energi (Shukor, 2009). Fenomena ini kemudian oleh Onnes diberi nama superkonduktivitas. Atas

penemuannya itu, Onnes dianugerahi Nobel Fisika pada tahun 1913 (Cyrot dan Pavuna, 1992).

Berdasarkan medan kritisnya, superkonduktor dibagi menjadi 2, yaitu superkonduktor tipe I dan superkonduktor tipe II. Superkonduktor tipe I merupakan superkonduktor yang hanya mampu mempertahankan superkonduktivitasnya hingga medan kritis H_c . Pemberian medan magnet luar H di atas medan magnet kritisnya akan mengembalikan ke keadaan normal. Contoh dari superkonduktor tipe I adalah Hg, Pb, dan La (Margono, 1997).

Superkonduktor tipe II merupakan superkonduktor yang memiliki dua medan kritis, yaitu medan kritis bawah (H_{c1}) dan medan kritis atas (H_{c2}). Contoh dari superkonduktor tipe II adalah V_3Si , Nb_3Sn , dan Nb_3Ge . Dapat dilihat pada **Gambar 2.1.** di bawah H_{c1} fluks magnetik ditolak secara sempurna dan di atas H_{c1} fluks magnet sebagian dapat menembus interior bahan sampai batas medan kritis H_{c2} .



Gambar 2.1. Magnetisasi bahan superkonduktor terhadap kuat medan magnet (Rahardjo *et al.*, 2012).

2.2 Karakteristik Superkonduktor

2.2.1 Tanpa Resistivitas ($\rho = 0, T \leq T_c$)

Di bawah suhu tertentu, bahan superkonduktor memiliki resistivitas sama dengan nol ($\rho = 0$). Material yang didinginkan di dalam nitrogen cair atau helium cair, resistivitasnya akan turun seiring dengan penurunan suhu. Pada suhu tertentu, resistivitas material akan turun secara drastis menjadi nol. Suhu dimana resistivitas material turun drastis menjadi nol ini disebut dengan suhu kritis (T_c), kejadian ini merupakan transisi dari keadaan normal ke keadaan superkonduktor (Pikatan, 1989).

2.2.2 Diamagnetik Sempurna ($B = 0, T \leq T_c$)

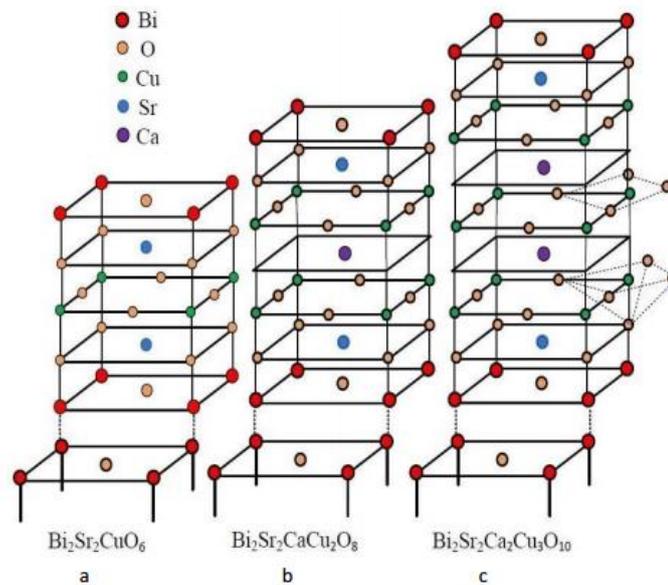
Ketika bahan superkonduktor didinginkan di bawah suhu kritis (T_c) dalam medan magnetik luar yang lemah, fluks magnetik ditolak oleh bahan superkonduktor, sehingga induksi magnetik menjadi nol di dalam superkonduktor. Suhu kritis juga dapat turun dengan hadirnya medan magnet yang cukup kuat. Kuat medan magnet yang menentukan harga T_c disebut medan magnet kritis (H_c). Fenomena ini disebut efek Meissner (Pikatan, 1989).

2.3 Superkonduktor BSCCO

Superkonduktor BSCCO adalah oksida keramik dengan suhu kritis tinggi yang termasuk dalam superkonduktor tipe II. Superkonduktor BSCCO memiliki struktur berlapis dengan sisipan lapisan CuO_2 yang memberikan sistem kecenderungan logam pada suhu kamar, serta sifat fisik yang berlapis-lapis sehingga menyebabkan bahan superkonduktor BSCCO mudah patah dan menjadi

sangat rapuh, sehingga sulit untuk diterapkan pada pembuatan kabel aliran listrik (Santosa *et al.*, 2015).

Superkonduktor sistem BSCCO memiliki beberapa keunggulan dan keistimewaan dibandingkan superkonduktor keramik lainnya, karena suhu kritisnya (T_c) relatif tinggi dan tidak mengandung unsur beracun. Dalam superkonduktor BSCCO terdapat 3 fase superkonduktif yaitu fase 2201 dengan komposisi $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}$ memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 10K, fase 2212 dengan komposisi $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Cu}_2\text{O}$ memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 80K, dan fase 2223 dengan komposisi $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}$ memiliki suhu kritis (T_c) sebesar 110K (Siswanto, 1999).



Gambar 2.2. Struktur kristal sistem BSCCO untuk fase; (a) 2201, (b) 2212, (c) 2223 (Lehndroff, 2001).

Struktur kristal dari fase yang terbentuk dalam bahan superkonduktor akan sangat berpengaruh terhadap temperatur kritisnya (T_c). Derajat ketidakteraturan struktur

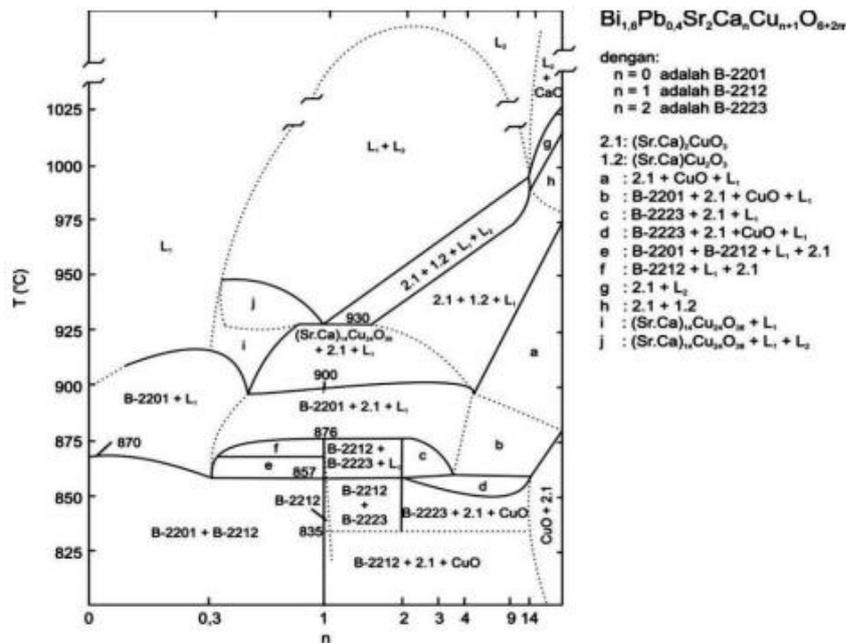
fase yang tinggi sangat dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah temperatur sintering dan lamanya waktu sintering saat dilakukan proses manufaktur dari bahan superkonduktor tersebut. Gambar 2.2a menunjukkan fase BSCCO-2201 yang disusun oleh bidang (BiO)/SrO/CuO/SrO/(BiO), dimana piramida Cu berada diantara dua bidang SrO. BSCCO-2201 mempunyai parameter kisi $a = b = 5,39\text{\AA}$ dan $c = 24,6\text{\AA}$. Bidang BiO berada pada bagian ujung struktur dan atom Cu dihubungkan dengan atom oksigen dalam struktur oktahedral. Gambar 2.2b adalah fase BSCCO-2212 disusun oleh bidang senyawa (BiO)/SrO/CuO/CaO/SrO/(BiO), dimana piramida atom Cu dipisahkan oleh adanya bidang Ca.

Struktur kristal berbentuk tetragonal ini memiliki parameter kisi $a = b = 5,4\text{\AA}$ dan $c = 30,7\text{\AA}$. Gambar 2.2c merupakan struktur kristal BSCCO-2223 yang membentuk struktur orthorombik. Rantai Sr-Sr memiliki ikatan yang paling lemah, sedangkan atom Cu(1) sebagai kation yang paling tidak stabil memiliki tiga ikatan rantai yaitu Cu(1)-Ca, Cu(1)-O(1), dan Cu(1)-Cu(2). Rantai ikatan Cu(1)-O(1) merupakan ikatan yang paling kuat ($r = 1,916\text{\AA}$). Atom oksigen O(3) hanya memiliki satu rantai ikatan dengan atom Bi yang memiliki panjang ikatan $2,231\text{\AA}$ (Lusiana, 2014).

2.4 Diagram Fase Superkonduktor

Pembentukan senyawa bergantung pada komposisi nominal bahan penyusun dan suhu pemrosesannya yang dapat digambarkan oleh diagram fase sistem yang bersangkutan (Suprihatin, 2002). Diagram fase menjelaskan tentang fase yang mungkin terbentuk dan keeksistensiannya pada temperatur atau tekanan tertentu

(Strobel *et al.*, 1992). Walaupun pada proses sintesis senyawa yang diinginkan merupakan fase dengan komposisi dan struktur tertentu, namun hasil akhirnya akan menghadirkan beberapa fase lain. Diagram fase untuk sintesis superkonduktor sistem BSCCO dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Diagram fase superkonduktor BSCCO (Strobel *et al.*, 1992).

Diagram fase pada **Gambar 2.3**. menyatakan hubungan antara suhu dan komposisi pembentukan $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_n\text{Cu}_{n+1}\text{O}_{6+2n}$ dengan $n = 0, 1, 2, 3$, dan seterusnya. Dalam diagram fase tersebut daerah pembentukan fase Bi-2212, yaitu daerah fase $\text{Bi-2212} + \text{L1} + 2.1$ dan daerah fase $\text{Bi-2212} + 2.1 + \text{CuO} + \text{L1}$ (Darminto *et al.*, 1999).

2.5 Doping Pb

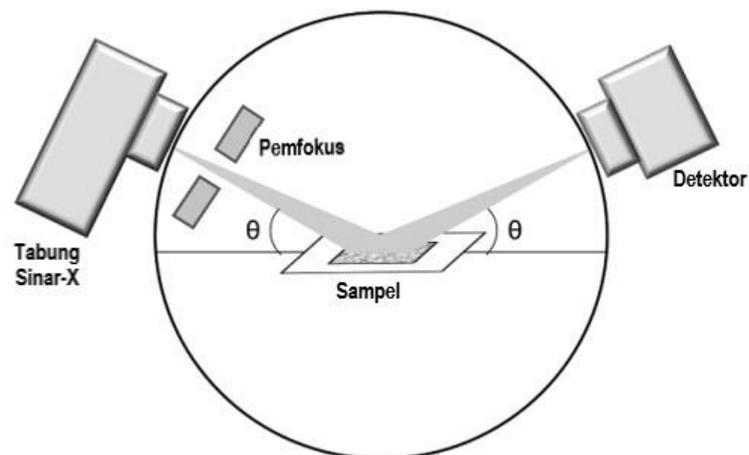
Penggunaan doping Pb dalam sintesis superkonduktor sistem bismuth dapat membantu senyawa mencapai kemurnian fase yang tinggi, dan berdampak pada

karakter molekul yang dihasilkan. Pb memiliki titik leleh yang lebih rendah daripada Sr, Ca, dan Cu, sehingga substitusi parsial Bi oleh Pb dapat dilakukan dalam sintesis superkonduktor BSCCO. Karena Pb memiliki ukuran atom dan nomor valensi yang hampir sama dengan Bi, Pb dianggap tepat untuk doping superkonduktor BSCCO (Miller *et al.*, 2005).

2.6 Karakterisasi

2.6.1 X-Ray Diffraction (XRD)

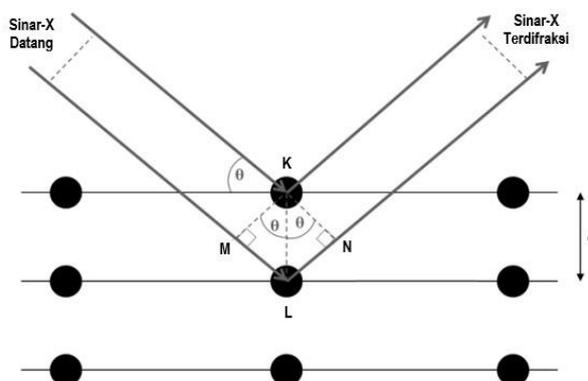
XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang digunakan untuk mengetahui fasa kristalin pada suatu material dengan cara menentukan terlebih dahulu parameter kisi untuk mendapatkan ukurannya (Cullity, 1978). Teknik difraksi sinar-X bergantung pada tiga komponen utama yaitu; sumber sinar-X, area sampel dan detektor seperti yang terlihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Skema kerja XRD (Cullity, 1978).

Gambar 2.4. memperlihatkan skema kerja XRD saat tabung sinar-X memancarkan seberkas sinar yang mengarah pada sampel kemudian sebagian

berkas sinar-X tersebut akan ditransmisikan melalui detektor dan sebagian lagi akan dihamburkan dan terdifraksi. Detektor diperlukan untuk mengubah foton sinar-X menjadi sinyal tegangan yang selanjutnya diubah kembali menjadi informasi mengenai intensitas dan posisi berkas sinar-X yang terdifraksi. Berkas sinar-X yang sefasa akan saling menguatkan dan berkas sinar-X yang tidak sefasa akan saling melemahkan (Cullity, 1978). Dalam kisi kristal, sekumpulan bidang atom paralel dipisahkan oleh jarak (d) yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Skema hukum Bragg (Cullity, 1978).

Gambar 2.5. memperlihatkan dua buah berkas sinar-X yang mengenai atom K pada bidang pertama dan L pada bidang selanjutnya. Jarak antara titik M dan N adalah d , dan θ adalah sudut difraksi. Berkas-berkas tersebut memiliki panjang gelombang yaitu λ , yang jatuh pada bidang kristal dengan jarak d dan sudut θ . Jarak $ML + LN$ merupakan sebuah jarak tambahan yang harus sama dengan nilai sebuah n jika dikalikan dengan λ seperti pada persamaan (2.1).

$$n \lambda = ML + LN \quad (2.1)$$

Berkas-berkas sinar-X jatuh pada jarak d dan sudut θ . Sehingga dapat dituliskan pada persamaan (2.2).

$$\sin \theta = \frac{ML}{KL} = \frac{ML}{d}$$

$$d \sin \theta = ML \quad (2.2)$$

Pada Gambar 2.5. jarak $ML = LN$, maka persamaan (2.1) dapat dituliskan pada persamaan (2.3).

$$n\lambda = 2 ML \quad (2.3)$$

Agar mengalami interferensi konstruktif, kedua berkas tersebut harus memiliki beda jarak $n\lambda$. Sedangkan beda jarak lintasan kedua berkas adalah $2d \sin \theta$. Untuk mengetahui beda jarak antar lintasan kedua berkas tersebut dapat menggunakan persamaan (2.2) yang disubstitusikan ke persamaan (2.3). Biasa dikenal sebagai Hukum Bragg seperti pada persamaan (2.4).

$$d \sin \theta = \frac{1}{2} n \lambda$$

$$n \lambda = 2d \sin \theta \quad (2.4)$$

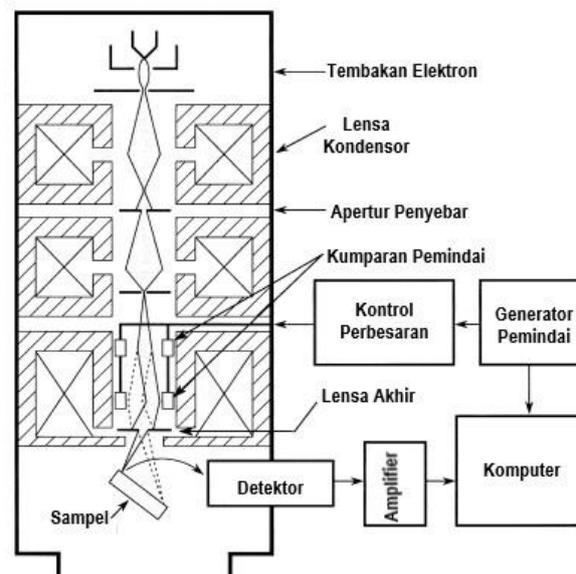
dengan n adalah orde difraksi (0, 1, 2, 3,...), λ adalah panjang gelombang, d adalah jarak antar bidang dalam kristal dan θ adalah sudut difraksi (Cullity, 1978).

2.6.2 *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang hasilnya berupa penggambaran dari permukaan sampel yang dilakukan dengan cara pemindaian terhadap berkas elektron yang tinggi. Berkas elektron ini memberikan informasi mengenai bentuk dan ukuran pada suatu benda (morfologi), ciri-ciri permukaan pada suatu benda (topografi) seperti tekstur, kehalusan atau kekasarannya, serta

dapat menunjukkan unsur dan senyawa penyusun suatu bahan (komposisi) (Goldstein *et al.*, 2007).

Menurut pemaparan Mohammed dan Abdullah, (2018) tembakan elektron dapat mempercepat energi elektron antara 100–30.000 eV. Namun, ukuran titik pusat berkas elektron terlalu besar untuk menghasilkan gambar yang tajam, sehingga SEM dilengkapi dengan lensa untuk mengarahkan berkas elektron agar terfokus pada sampel seperti yang terlihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Skema kerja SEM (Goldstein *et al.*, 2007).

Pada **Gambar 2.6**, memperlihatkan skema kerja SEM, dimana sumber elektron dalam SEM berasal dari elektron yang dipercepat dengan medan listrik yang tinggi oleh tembakan elektron kemudian diteruskan ke anoda. Pada proses tersebut, lensa kondensor akan memfokuskan elektron menuju sampel dan anoda berfungsi sebagai pembatas untuk pancaran elektron yang memiliki sudut hambur yang besar. Kemudian sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh lensa kondenser. Pada saat elektron mengenai

sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan kemudian dikirim ke monitor untuk diproses dan menghasilkan gambaran mikroskopik dari sampel yang diuji (Choudary dan Priyanka, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 sampai Januari 2023 di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Lampung, Laboratorium Analitik dan Instrumentasi Kimia FMIPA Universitas Lampung, SMK-SMTI Bandar Lampung, PT. Glabs Indonesia Utama Bandung dan Lab SEM Institut Teknologi Bandung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca sartorius digital, pipet, spatula, *mortar pestle*, cetakan sampel (*die*), tungku (*furnace*), alat *pressing*, *crucible*, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari bahan oksida dan karbonat dengan tingkat kemurnian yang tinggi yaitu : Bi_2O_3 (99,9%) dari *Strem Chemical*, PbO (99%) dari *Aldrick*, SrCO_3 (99,9%) dari *Strem Chemical*, CaCO_3 (99,95%) dari *Strem Chemical*, dan CuO (99,999%) dari *Merck*, HNO_3 68% dan aquades.

3.2.3 Komposisi Bahan Dasar

Komposisi bahan awal untuk membuat 3 gram sampel superkonduktor BPSCCO-2212 dengan kadar doping Pb = 0,20 dan Ca = 1,10 mol ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi bahan awal BPSCCO-2212 dengan kadar Pb 0,20 dan Ca = 1,10 mol.

No	Bahan	Fraksi (mol)	Massa untuk 3 gram sampel
1	Bi ₂ O ₃	1,8	1,2233
2	PbO	0,2	0,1302
3	SrCO ₃	2,0	0,8613
4	CaCO ₃	1,1	0,3212
5	CuO	2,0	0,4640
Total			3,0000

Komposisi bahan masing – masing sampel diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (3.1),

$$BM_x = BM \times \frac{1}{\text{Jumlah Atom}} \times \text{Fraksi} \quad (3.1)$$

$$BM = \frac{BM_x}{BM\text{-Total}} \times \Sigma \text{massa sampel} \quad (3.2)$$

dengan BM_x adalah massa atom X, BM adalah massa atom suatu unsur, dan fraksi adalah mol. Detail perhitungan sampel lain dapat dilihat pada lampiran.

3.3 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode pencampuran basah yang terdiri dari pelarutan, pengeringan, penggerusan, kompaksi dan pemanasan (kalsinasi dan sintering).

3.3.1 Penimbangan

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan komposisi (BPSCCO-2212 dengan kadar Pb 0,20 mol dan Ca 1,10 mol) seperti perhitungan pada Tabel 3.1

3.3.2 Pelarutan

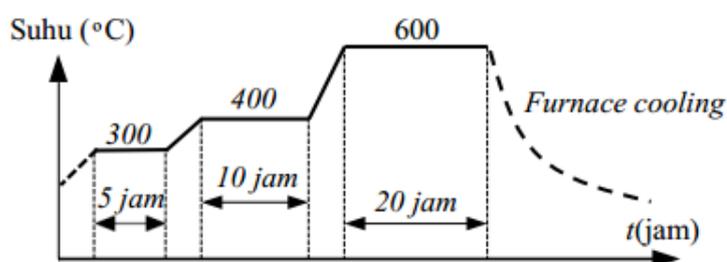
Bahan (yang sudah ditimbang) dicampur dan dilarutkan dengan HNO₃ dan aquades. Pelarutan ini bertujuan agar seluruh bahan tercampur secara maksimal atau memiliki homogenitas yang tinggi hingga berwarna biru jernih.

3.3.3 Pemanasan

Bahan yang sudah larut dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 70°C selama 5 sampai 6 jam hingga bahan menjadi kering. Proses ini dilakukan agar bahan pelarut menguap.

3.3.4 Pengeringan

Bahan dikeringkan pada suhu 300, 400, dan 600°C secara bertahap sesuai dengan diagram pengeringan yang ditampilkan pada **Gambar 3.1**. hingga bahan menjadi benar – benar kering.



Gambar 3.1. Diagram Pengeringan (Khafifah *et al.*, 2011).

3.3.5 Penggerusan

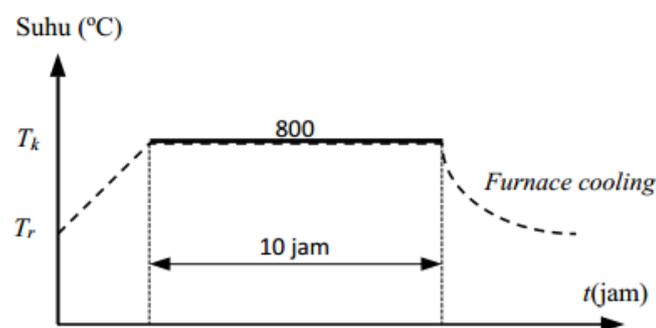
Setelah proses pengeringan, bahan digerus dengan mortal dan pastel secara manual selama ± 10 jam secara bertahap sampai bahan terasa halus dan dapat meningkatkan homogenitas bahan.

3.3.6 Kompaksi

Setelah penggerusan, bahan dikompaksi (dipadatkan) menjadi pelet menggunakan alat *presing* dengan beban ± 10 ton. Kompaksi bertujuan agar bahan padat dan jaraknya relatif berdekatan satu dengan yang lain.

3.3.7 Kalsinasi

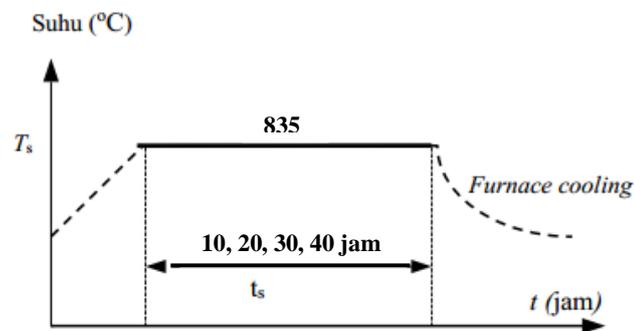
Kalsinasi bahan yang telah berbentuk pelet dilakukan pada suhu 800°C selama 10 jam. Kalsinasi bertujuan untuk membuang komposisi bahan yang tidak diperlukan. Hasil kalsinasi biasanya masih belum sempurna karena adanya porositas akibat dekomposisi senyawa-senyawa karbonat. Setelah kalsinasi bahan digerus kembali selama ± 10 jam. Diagram kalsinasi dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2. Diagram Kalsinasi (Khafifah, 2011).

3.3.8 Sintering

Sintering bertujuan untuk mengubah bentuk partikel – partikel kecil menjadi homogen, sehingga membentuk ikatan yang kuat dan keras. Selain itu, sintering juga bertujuan untuk pembentukan fase superkonduktor. Selama sintering, gaya tarik – menarik antara partikel – partikel penyusun akan meningkat dan porositas akan berkurang karena adanya pemadatan pada sampel. Sintering dilakukan pada suhu 835°C dengan variasi waktu sintering (t_s) selama 10, 20, 30, dan 40 jam dengan Diagram sintering dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



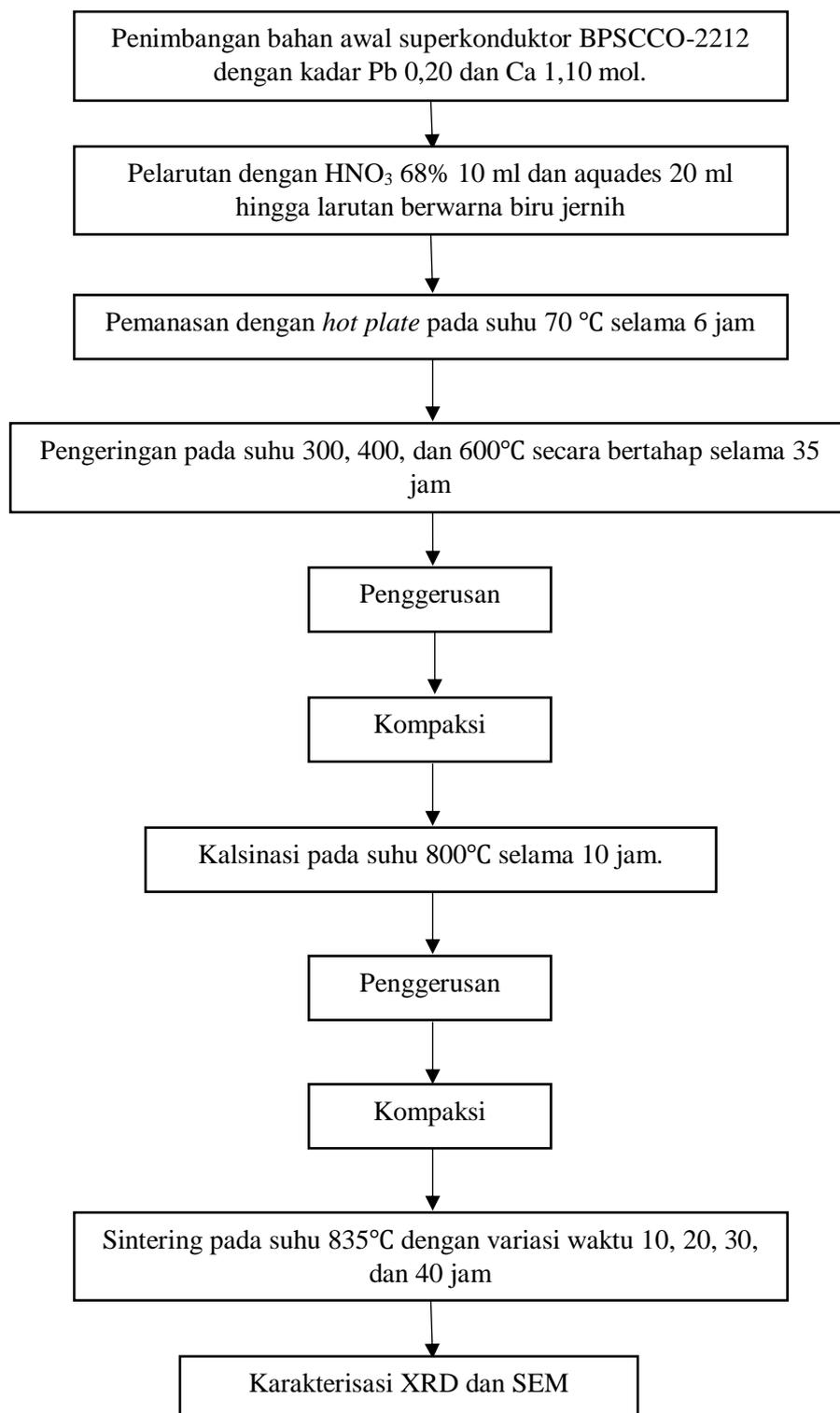
Gambar 3.3. Diagram Sintering (Khafifah *et al.*, 2011).

3.3.9 Karakterisasi

Karakterisasi sampel BPSCCO-2212 yang dilakukan menggunakan XRD yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kemurnian fase dengan menghitung fraksi volume, derajat orientasi, impuritas serta melakukan karakterisasi SEM yang bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada sampel. Analisis XRD dilakukan menggunakan aplikasi *HighScore Plus* (HSP) versi 3.0.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Semakin lama waktu sintering, maka semakin tinggi fraksi volume superkonduktor BPSCCO-2212. Fraksi volume tertinggi diperoleh pada waktu sintering 40 jam yaitu sebesar 92,33% dan yang terendah diperoleh pada waktu sintering 10 jam yaitu sebesar 74,34%.
2. Berdasarkan hasil karakterisasi XRD, semua sampel BPSCCO-2212 masih terdapat fase lain atau impuritas yang terbentuk.
3. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa sampel telah terorientasi dan ruang kosong antar lempengan (*void*) yang relatif sedikit. Nilai derajat orientasi yang didapatkan pada sampel BPSCCO-2212 dengan waktu sintering 40 jam sebesar 21,44%.

5.2 Saran

Untuk memperoleh fase superkonduktor BPSCCO-2212 yang lebih baik perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan waktu sintering lebih dari 40 jam dan variasi kadar CaCO_3 .

DAFTAR PUSTAKA

- Choudary, O.P. dan Priyanka. 2017. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Vol. 06. No. 05. Hal. 1877-1882.
- Cullity, B.D. 1978. *Elements of X-Ray Diffraction: Second Edition*. Addison Wesley Publishing Company Inc. London.
- Currie, D. B. dan Forest, A. M. 1998. Crystal and High T_c Superconductor in The System $Gd_1Ba_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-x}$. *Solid State Communications*. Vol. 66. No. 7. Hal. 715-718.
- Cyrot, M. dan Pavuna, D. 1992. *Introduction to Superconductivity and High T_c Materials*. World Scientific. Singapore.
- Darminto, Nugroho, A., Rusyadi, A., Menovskyt, A., dan Loeksamanto, W. 1999. Variasi Tekanan Oksigen dalam Penumbuhan Kristal Tunggal Superkonduktor $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{\delta+\delta}$ dan Pengaruhnya. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, Vol. 31. No. 3. Hal. 121-137.
- Diantoro, M. 1997. Studi Kinetika Pembentukan Superkonduktor Sistem $Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$ (2223) Melalui Prekursor (Bi,Pb)-2212. *Tesis*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Fallah-Arani, H., Baghshahi, S., Sedghi, A., Stornaiuolo, D., Tafuri, F., Massarotti, D., dan Riahi-Noori. 2018. The Influence of Heat Treatment on The Microstructure, Flux Pinning and Magnetic Properties of Bulk BSCCO Samples Prepared by Sol-Gel Route. *Ceramics International*. Vol. 44. No. 5. Hal. 5209-5218.
- Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L. dan Michael, J. 2007. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Springer Science and Business Media. New York.

- Istikomah, S., Suprihatin, Riyanto, A. 2019. Sintesis Superkonduktor BSCCO-2223 dengan Variasi Waktu Sintering pada Kadar Ca = 2,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 7 No. 2 Hal. 143-144.
- Karo Karo, P., Ramadhan, R. P., Suprihatin, S., dan Yulianti, Y. 2021. Analisis pertumbuhan fase superkonduktor BSCCO-2212 dan BPSCCO-2212 akibat variasi suhu sintering menggunakan metode pencampuran basah. *Journal of Energy, Material, dan Instrumentation Technology*. Vol 2. No. 4. Hal. 86–95.
- Khafifah, K., Baqiya, M.A., dan Darminto. 2011. Nanokristalisasi Superkonduktor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}$ Dengan Variasi Kalsinasi dan Sintering Melalui Metode Pencampuran Basah. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Larasati, N., Thoriq, S. R., Evan, M., Lusi S., Taniguchi, dan Risdiana. 2015. Sintesis dan karakterisasi bahan organik superkonduktor β -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ dan β' (BEDT-TTF) $_2\text{ICl}_2$. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 05. No. 01. Hal 1-6.
- Lehndroff, B.R. 2001. *High- T_c Superconductors for Magnet and Energy Technology Fundamental Aspects*. Springer-Verlag. Berlin.
- Lusiana. 2014. Proses Pembuatan Material Superkonduktor BSCCO dengan Metode Padatan. *Majalah Metalurgi*. Vol. 28. No. 2. Hal. 73-82.
- Marhaendrajaya, I. 2001. Eksperimen pembentukan kristal BPSCCO-2223 dengan metoda lelehan, *Jurnal Berkala Fisika*, Vol. 4, No. 2, Hal. 53-60.
- Margono, M. 1997. Pengaruh substitusi gadolinium terhadap lantanum pada superkonduktor $\text{La}_{1,85}\text{Sr}_{0,15}\text{CuO}_4$. *Tesis*. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal 27-36.
- Miller, W., Borowko, K., Gazda, M., Stizza, S., dan Natali R. 2005. Superconducting Properties of BiPbSrCaCuO and BiSrCaCuO Glass-Ceramics. *Acta Physics Polonica A*. Vol. 109. No. 4 Hal. 627-631.
- Mohammed, A. dan Abdullah, A. 2018. Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*. Hal. 1-9. ISSN 1454 – 8003.
- Pikatan, S. 1989. *Mengenal Superkonduktor*. <http://geocities.com/mipa/article/sp/konduktor.pdf>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2022.
- Pratiwi, R. W., Suprihatin., Sembiring, S., dan Roniyus Marjunus. 2020. Pengaruh Variasi Kadar CaCO_3 terhadap Pertumbuhan Fase Superkonduktor BPSCCO-2212 Menggunakan Metode Pencampuran Basah. *Journal of*

- Energy, Material, dan Instrumentation Technology*. Vol. 10. No. 10. Hal. 2-4.
- Purwati. 2002. Sintesis Superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O dengan Variasi Bi dan Pb. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rahardjo, D. T., Sri, B., dan Lita, R. 2012. Pengaruh perubahan suhu sintering pada sintesis superkonduktor $Pb_2Ba_2Ca_2Cu_3O_9$. Prosiding: Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Indonesia. Vol. 03. No. 1. Hal 1-9.
- Rahayu, I., Suprihatin., dan Agus Riyanto. 2019. Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Tingkat Kemurnian Fase Superkonduktor BPSCCO-2223 dengan Kadar Ca 2,10 Menggunakan Metode Pencampuran Basah. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 7 No. 1 Hal. 91.
- Rahmah, K., Suprihatin, S., dan Karo Karo, P. 2020. Pengaruh variasi waktu sintering terhadap pertumbuhan fase bahan superkonduktor BSCCO-2212 dengan kadar Ca=1,10 menggunakan metode pencampuran basah. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*. Vol 1. No 1. Hal. 7–11.
- Rohmawati, L., dan Darminto. 2012. Nanokristalisasi Superkonduktor $(Bi,Pb)_2Sr_2CaCu_2O_{8+d}$ dengan Metode Pencampuran Basah. *Berkala Fisika Indonesia*. Vol. 4. No. 1 dan 2 Hal. 22-26.
- Roumie, M., Marhaba, S., Awad, R., Kork, M., Hassan, L., dan Mawassi, R. 2014. Effect of Fe_2O_3 Nano-Oxide Addition on The Superconducting Properties of The (Bi,Pb)-2223 Phase. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*. Vol. 27 No. 1 Hal. 143-153.
- Sato, K. 2015. Bismuth-based Oxide (BSCCO) High-Temperature Superconducting Wires for Power Grid Applications. In *Superconductors in The Power Grid*. Elsevier Ltd.
- Santosa, U., Fuad, A., Agung, I., dan Dwi, T. R. 2015. Efek doping Pb rendah pada superkonduktor sistem BSCCO-2223. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. Vol. 5. No. 2. Hal 1-4.
- Santoso, H. 2006. Variasi Suhu Kalsinasi dan Sintering Pada Sintesis Superkonduktor Bi-2223 Tanpa Doping Pb. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Shukor, A. F. A. 2009. *High Temperature Superconductors: materials, mechanisms, and applications*. Academy of Sciences Malaysia. Malaysia.
- Siswanto. 1999. Sintesis superkonduktor keramik BSCCO fase T_c tinggi (2223) melalui route sol-gel sitrat. <http://adln.lib.unair.ac.id>. Diakses pada tanggal 29 September 2002.

- Strobel, P., Tolédano, J. C., Morin, D., Schneck, J., Vacquier, G., Monnereau, O., Primot, J., & Fournier, T. 1992. Phase diagram of the system $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{CuO}_6\text{-CaCuO}_2$ between 825°C dan 1100°C . *Physica C: Superconductivity dan Its Applications*, Vol. 201 No 2 Hal. 27–42.
- Subarwanti, Y. 2013. Sintesis Superkonduktor Bi-2223 dengan Dopan Pb (BPSCCO-2223) pada Kadar Ca = 2,10 pada Berbagai Suhu Sintering. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sukirman, E., Adi, W. A., Winatapura, D. S., dan Sulungbudi, G. T. 2003. Review Kegiatan Litbang Superkonduktor Tc Tinggi di P3Ib-Batan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 4 Hal. 30-39.
- Sumadiyasa, M., Adnyana, I. G. A. P., dan Widagda, I. G. A. 2015. Sintesis Superkonduktor $\text{Gd}_{1-x}\text{La}_x\text{Ba}_{2-y}\text{Sr}_y\text{Cu}_3\text{O}_7$ dengan Variasi Molar X dan Y Menggunakan Metode Pencampuran Basah. *Laporan Kemajuan Penelitian Fundamental*. Universitas Udayana. Bali.
- Suprihatin, R. Pratiwi, dan Syafriadi. 2017. Variasi doping Pb Terhadap Pertumbuhan Fase Bahan Superkonduktor Bi-2212 pada Kadar Ca 1,10 dan Suhu Sintering 830°C . *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 5 No. 2 Hal. 187-194.
- Suprihatin. 2002. Sintesis superkonduktor Bi-2212 dengan kehadiran KCl. *Tesis*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Thinkam, M. 1996. *Introduction to Superconductivity Second Edition*. McFraw-Hill Book Co. New York.
- Yulianti, N. 2002. Pengaruh Kadar Fluks CaCO_3 dan CuO pada Pembentukan Kristal Superkonduktor Bi-2223. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 3 No. 2 Hal 2-6.