

SINTESIS FASE $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ DENGAN $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ SEBAGAI PENGANTI Ba_2CO_3 DENGAN METODA REAKSI PADATAN DENGAN MEDIA PENCAMPUR ALKOHOL

I Gede Astina^{1*}, M. Sumadiyasa¹, I N. Artawan¹, W. G. Suharta¹

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

*Email : astina_gde@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan sintesis fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ menggunakan $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sebagai pengganti BaCO_3 . Sintesis dilakukan dengan metode reaksi padatan di dalam atmosfer udara tanpa annealing. Sampel pada awalnya dicampur dengan tanpa dan dengan menggunakan alkohol. Hasil karakterisasi dengan XRD memperlihatkan bahwa sampel sudah menunjukkan pola difraksi yang sesuai dengan pola difraksi dari fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ dengan fraksi volume lebih besar dari pada 93%. Hasil refinement dengan program Rietica memperlihatkan bahwa fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ yang terbentuk adalah dalam simetri orthorombik dengan c^2 yang kurang dari 1,8 hanya diberikan oleh sampel yang menggunakan $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ yang disintesis dengan proses kalsinasi. Hasil karakterisasi uji Meissner dan pengukuran resistivitas sebagai fungsi suhu sampel belum memperlihatkan sifat superkonduktivitas pada suhu $>77\text{K}$. Ini diduga terkait dengan belum terpenuhinya kandungan oksigen cukup yang diperlukan untuk dapat terbentuknya fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ ber-Tc tinggi. Ini ditunjukkan oleh struktur kristal fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ yang terbentuk dalam simetri orthorombik-II dan tetragonal.

Kata Kunci : NBCO-123, fraksi volume, refinement, Orthorombik II dan Tetragonal.

Abstract

The phase of $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ has been synthesized by replacing Ba_2CO_3 to $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. The synthesis has been done by solid reaction method in air atmosphere without annealing. The samples were mixed with alcohol partially and otherwise. The characterization using x-ray radiation (XRD), that the samples have shown the diffraction pattern appropriated to the pattern of diffraction of the $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ phase with the volume fraction greater than 93% are resulted. The refinement with the software Rietica procedure shown the $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ phase in symmetry orthorombic form and the value of c^2 is less than 1.8 only on the $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sample through the calcination process are produced. The superconductivity at temperatures $>77\text{K}$ through the Meissner effect characterization and measurements of resistivity as in the temperature function on the sample are not arose. Since the required oxygen content not enough to the formation of $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ phase in high-Tc. This is shown by the crystal structure of the $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ phase in the symmetry orthorombic-II and the tetragonal are formed.

Key Words : NBCO-123, volume fraction, refinement, orthorombic-II and tetragonal.

I. PENDAHULUAN

Superkonduktor adalah bahan pada suhu tertentu (di bawah suhu kritis, T_c) dapat memiliki resistivitas sama dengan nol. Fenomena superkonduktivitas pada suhu 4,2 K pada merkuri ditemukan Heike Kamerlingh Onnes pada tahun 1911. Sejak itu secara berkesinambungan peneliti melakukan penelitian untuk menemukan bahan yang dapat bersifat superkonduktif lebih tinggi. Pada tahun 1986, J. G. Bednorz dan K. A. Muller menemukan bahan dari campuran sistem La-Ba-Cu-O yang superkonduktif di bawah 33 K. Selanjutnya, M.K. Wu dkk (1997) berhasil membuat bahan superkonduktor dari campuran Y-Ba-Cu-O (sistem YBCO) dengan rumusan stoikiometri $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ yang ber- $T_c = 90$ K. Bahan ini dapat bersifat superkonduktif pada suhu 77 K, yaitu pada titik didih nitrogen cair. Bahan yang dapat bersifat superkonduktif pada suhu di atas 77 K kemudian sering disebut sebagai superkonduktor bersuhu tinggi (HTS = *high temperature superconductor*).

Sistem YBCO yang sejenis, yaitu sistem Nd-Ba-Cu-O dengan rumusan stoikiometri $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (fase NBCO-123). Bahan jenis ini telah dapat disintesis dengan suhu transisi, $T_c = 96$ K oleh S.I. Yoo, (1994), dan dengan $T_c = 98,7$ K oleh P. Yossefov (1997). Tampaknya bahan jenis NBCO memiliki T_c lebih tinggi dari pada fase YBCO-123. Hal ini menyebabkan banyak peneliti yang sangat berminat meneliti lebih lanjut baik dalam kaitannya dengan proses pembentukan (sintesis) fase atau kristal tunggalnya maupun peningkatan unjuk kerjanya pada medan magnet tinggi. Dalam kaitannya dengan karakterisasi nanopartikel dari fase NBCO-123, Suardana dkk

(2010) telah membuat sampel $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dengan metode konvensional reaksi padatan (*solid-state reaction*) melalui rute pencampuran awal dengan pelarut HNO_3 . Sampel dibuat dari bubuk Nd_2O_3 , $BaCO_3$, CuO . Dari hasil pengukuran XRD-nya memperlihatkan bahwa fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ telah dapat terbentuk pada suhu sintering 700° sampai $900^\circ C$ selama 1 jam. Akan tetapi hampir pada setiap sampel masih ditemukan pengotor, terutama dari $BaCuO_2$ (pada daerah 2θ dari 27° sampai 32°).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggantian bahan $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ sebagai pengganti ($BaCO_3$) dalam pembentukan superkonduktor fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dan mendapatkan metode sintesis yang efektif dalam pembuatan superkonduktor fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dengan bahan dasar $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$.

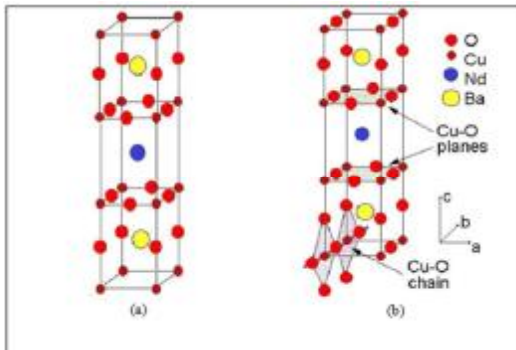
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fase NBCO-123

Fase sistem YBCO-123 adalah sejenis dengan sistem Nd-Ba-Cu-O (NBCO) dengan rumusan stoikiometri $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (sistem NBCO-123). Fase sistem NBCO memiliki T_c yang lebih tinggi dari pada sistem YBCO-123. Sistem NBCO dapat disintesis dengan metode reaksi padatan dengan formula $Nd_{1-x}Ba_{2-x}Cu_3O_{7-\delta}$. Dapat juga disintesis dengan menggunakan metode sol-gel (Schoofs, B., 2007), dan diproses dengan cara pelelehan menunjukkan $T_c \sim 98,7$ K (Yossefov, P., 1997). Karena jari-jari ionik dari Ba^{2+} lebih besar dibandingkan dengan ion neodmium, kelarutan Nd^{3+} pada tempatnya Barium memberikan efek bagi sistem campuran NBCO. Substitusi Nd^{+3} untuk Ba^{2+} mempengaruhi

sifat-sifat struktur kristalnya, modulus pertumbuhannya dan sifat superkonduktivitasnya.

Fase sistem NBCO-123 memiliki struktur serupa dengan struktur YBCO-123 yang dapat memiliki struktur orthorombik atau tetragonal, tergantung pada kandungan oksigennya. Strukturnya terdiri atas tiga satuan struktur



Gambar 2.1 Struktur kristal $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$: (a) Struktur $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$; (b) Struktur $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (M. Z. Balbag, http://www.ch.ic.ac.uk/rzepa/mim/cen_tury/html/ybco_text.htm)

perovskite Seperti tampak pada Gambar 2.1, dua bidang CuO_2 yang dipisahkan oleh atom Nd sebagai blok aktif berada pada bagian tengah satu satuan sel. Atom Cu pada bagian atas dan bawahnya membentuk rantai dengan oksigen yang berperan sebagai reservoir muatan (*charge reservoir*).

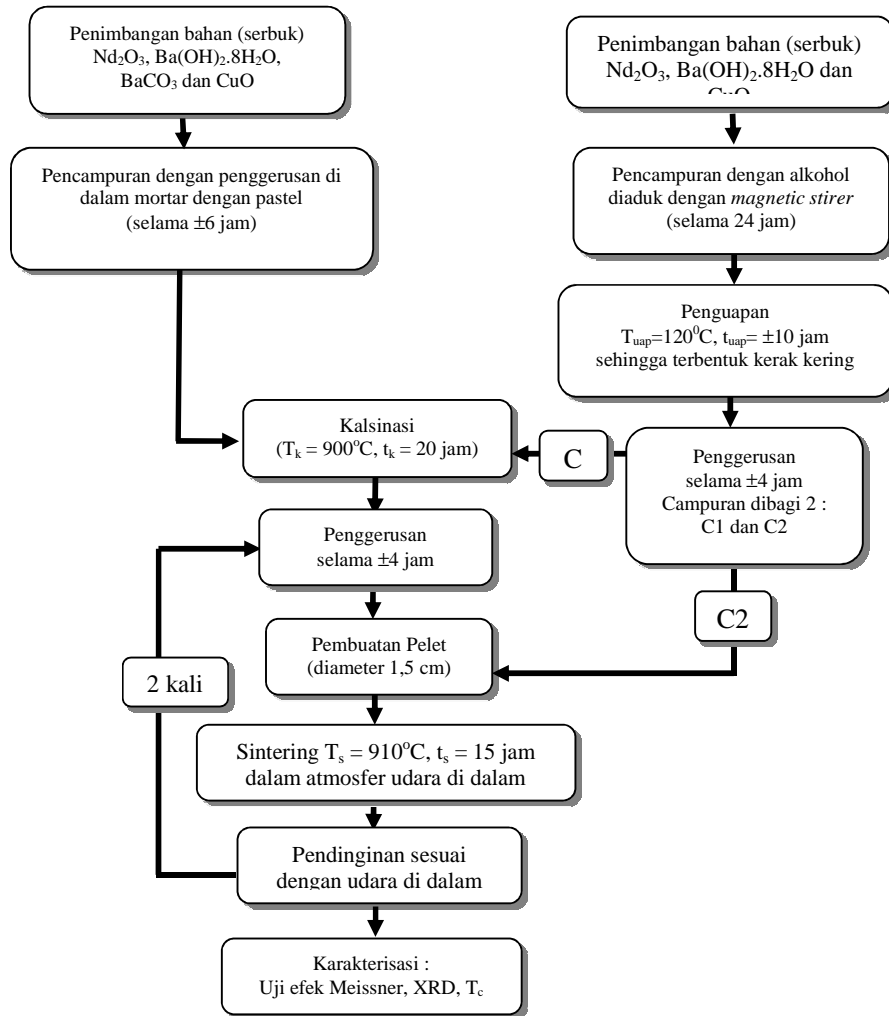
Ketergantungan sifat dan struktur NBCO-123 ($\text{Nd}_{1+x}\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$) dari gangguan kation penyusunnya telah dipelajari oleh banyak kelompok peneliti (Kramer, J., 1994, Giovannelli, F., 2004). Struktur $\text{Nd}_{1+x}\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ adalah orthorombik jika x adalah mendekati 0. Apabila nilai x bertambah besar sampai pada x sekitar 0,2 struktur fase $\text{Nd}_{1+x}\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ menjadi tetragonal. Suhu transisi superkonduksi, T_c adalah maksimum pada x sekitar 0, dan menurun dengan

bertambahnya doping neodymium. Superkonduktivitas menjadi hilang pada x di atas 0,4. Pergantian Nd^{3+} untuk Ba^{2+} yang berlebihan mengurangi konsentrasi hole dan menurunkan T_c material. Ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara konsentrasi *hole* dan sifat-sifat superkonduktivitas.

III. METODE PENELITIAN

Sintesis supekonduktor $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ adalah menggunakan metode reaksi padatan dengan rute pencampuran awal seperti gambar 3.1. Sampel dibuat dengan metode reaksi padatan (*solid state reaction*) dengan bahan dasar serbuk Nd_2O_3 , BaCO_3 , $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dan CuO dengan kemurnian di atas 99%. Sampel yang dibuat sebanyak 4 jenis: (a) Sampel A dari BaCO_3 tanpa media pencampur alkohol, (b) Sampel B dari $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ tanpa media pencampur alkohol (c) Sampel C1 dari $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ pencampuran dengan media alkohol berkonsentrasi 96% melalui proses kalsinasi dan C2 tanpa kalsinasi. Pencampuran sampel C dilakukan dengan pengadukan selama 24 jam pada suhu 120°C , hasilnya kemudian digerus sebagaimana halnya sampel A dan B. Sampel A, B dan C1 dikalsinasi pada suhu 900°C pada tungku di dalam atmosfer udara selama 20 jam.

Hasil kalsinasi selanjutnya digerus di dalam mortar dengan pastel selama 4 jam sehingga diperoleh campuran yang sangat halus. Sampel selanjutnya dicetak menjadi pelet berdiameter 1,5 cm dengan menggunakan press hidrolik ~ 400 kPa. Pelet *disintering* di dalam tungku pada suhu 910°C selama 30 jam di dalam atmosfer udara di dalam tungku. Pendinginan dilakukan sesuai dengan pendinginan didalam tungku.



Gambar 3.1 Digram Alir Proses Sintesis Supekonduktor Sistem NBCO-123

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakterisasi XRD (X-ray diffraction) $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

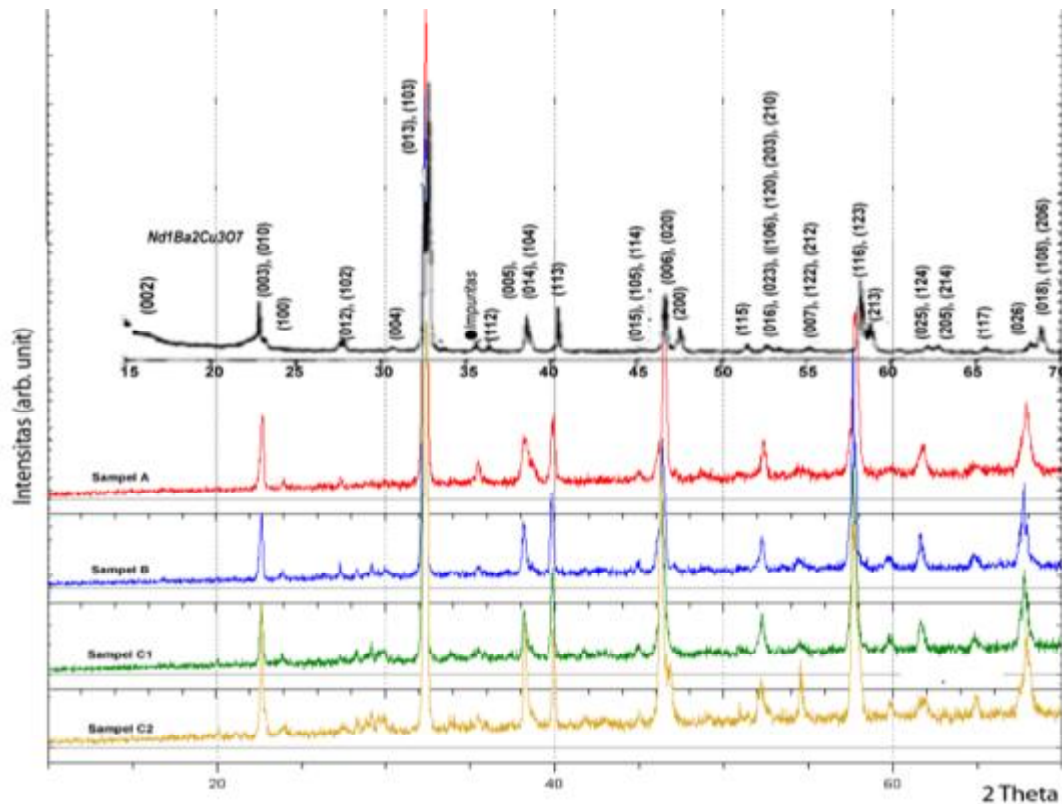
Pengukuran XRD pada semua sampel dilakukan pada sudut pemindaian (*scan*) 2θ dari 10° sampai 70° . Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan XRD referensi ICSD-78453 untuk selanjutnya dilakukan penandaan puncak-puncak pada difraktogram hasil pengukuran. Hasil penandaan puncak-puncak difraksi yang sesuai dengan difraksi dari bidang

hkl dari fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ sebagaimana diberikan pada Gambar 4.1.

Dari Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa hasil XRD semua sampel memperlihatkan pola difraksi yang hampir sama, baik pola puncaknya maupun posisi sudut difraksi 2θ -nya. Sebagian besar puncak-puncak yang tajam dapat ditandai sesuai dengan bidang hkl difraksi dari fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Puncak-puncak yang terbentuk cukup tajam, menunjukkan FWHM-nya yang kecil. Ini mengindikasikan bahwa di dalam sampel telah terbentuk fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dengan tingkat

kekristalan (*crystallinity*) yang baik. Hasil XRD selanjutnya dilakukan refinemen dengan

menggunakan program *Rietica*, hasil *refinement* diberikan pada Tabel 4.1. Kecocokan (*fitting*) pola



Gambar 4.1 Hasil pengukuran spektrum difraksi sinar-x $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ oleh Aravinda dan sampel $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

difraksi antara hasil pengamatan dengan perhitungan dikatakan baik jika besar *goodness of fit* (χ^2) kurang dari 1,8. Dari Tabel 4.1 tampak besar *goodness of fit* χ^2 dari sampel A dan C2 lebih besar dari pada 1,8. Sedangkan *goodness of fit* χ^2 dari sampel B dan C1 adalah lebih kecil dari pada 1,8.

Dari *refinement* juga didapatkan parameter kisi fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang terbentuk, yaitu dalam bentuk simetri orthorombik. Ini sesuai dengan simetri dari fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang mana dapat memiliki struktur kisi dalam simetri orthorombik atau tetragonal (W. Wong-Ng dkk., 2006, P. Benzi dkk., 2004, H. Shaked

dkk., 1990). Dari hasil *refinement* dapat diperoleh bahwa semua sampel memiliki parameter kisi yang berbeda. Perbedaan parameter kisi tersebut mengakibatkan adanya perbedaan keorthorombikan (*orthorhombicity*) struktur kisi. Secara matematik keortho-rombikan (*orthorombicity*) didefinisi-kan sebagai (Jorgenson et al , 1990),

$$d = 2(b - a)/(b + a) \quad (1)$$

Persamaan tersebut sering digunakan untuk menggambarkan perubahan keorthorombikan satu satuan sel (*unit cell*) YBCO-123 dalam kaitannya dengan kandungan oksigennya. Penurunan distorsi

Tabel 4.1. Hasil hasil *refinement* sampel $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

Sampel	R_{wp}	R_p	R_{exp}	χ^2	R_B	a (Å)	b (Å)	c (Å)	FV (%)
A	15,44	11,72	10,26	2,265	3,41	3,902(9)	3,894(1)	11,759(9)	97,718
B	15,74	11,93	11,02	2,039	4,43	3,906(6)	3,907(8)	11,785(1)	96,958
C1	14,98	11,07	11,54	1,680	3,08	3,908(5)	3,900(0)	11,760(2)	94,741
C2	20,67	15,48	10,83	3,645	16,7	3,913(6)	3,877(6)	11,753(1)	93,993

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

keorthorombikan d adalah berkaitan dengan peningkatan kekosongan oksigen pada rantai Cu-O.

Dengan menggunakan persamaan 1 dapat diperoleh tingkat keorthorombikan seperti pada Tabel 4.2. Tampak sampel B memiliki parameter kisi-c yang paling besar dan memiliki perbedaan parameter kisi a dan b yang kecil, memiliki keorthorombikan yang paling kecil atau distorsi keorthorombikan yang paling besar. Ini mengindikasikan bahwa fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang terbentuk pada sampel B adalah mendekati simetri tetragonal. Sementara itu sampel C2 memiliki parameter kisi-c yang paling kecil dan memiliki keorthorombikan yang paling besar sehingga memiliki struktur kisi yang paling orthorombik.

Untuk kasus $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ adanya perbedaan parameter kisi adalah berhubungan dengan kandungan oksigen (besar δ) di dalam struktur kisi kristal (M. Ishikawa et al, 1988). Struktur kisi kristal dari fase $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang terbentuk dapat dalam simetri tetragonal atau

Tabel 4.2. Hasil perhitungan keorthorombikan

Sampel	Keorthorombikan, d
A	0,001982
B	0,000173
C1	0,002273
C2	0,009187

orthorombik tergantung pada kandungan oksigennya. Fase $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dengan struktur kisi orthorombik II dan tetragonal II adalah superkonduktif pada suhu rendah, $< 77 \text{ K}$.

Hubungan antara parameter kisi-c dengan kandungan oksigen untuk fase $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dirumuskan sebagai (P. Benzi, 2004)

$$7 - d = 75,250 - 5,856c \text{ (Å)} \quad (2)$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut diperoleh besar penyimpangan kandungan oksigen δ seperti pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Penyimpangan kandungan oksigen

Sampel	Penyimpangan Oksigen δ
A	0,61238
B	0,76333
C1	0,62075
C2	0,57887

Sesuai dengan klasifikasi M. Ishikawa et al, 1988 maka fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ pada sampel A, Cid an C2 adalah orthorombik II, sedangkan sampel B adalah tetragonal II.

Keberadaan fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang terbentuk di dalam sampel dapat diungkapkan dalam bentuk besaran fraksi volume. Untuk itu, terlebih dahulu dilakukan pencocokan (*matching*)

antara hasil pengukuran dengan refinemen. Fraksi volume dihitung dengan menggunakan persamaan

$$FV = \frac{\text{Intensitas } NBCO - 123}{\text{Intensitas Total}} \times 100\% \quad (2)$$

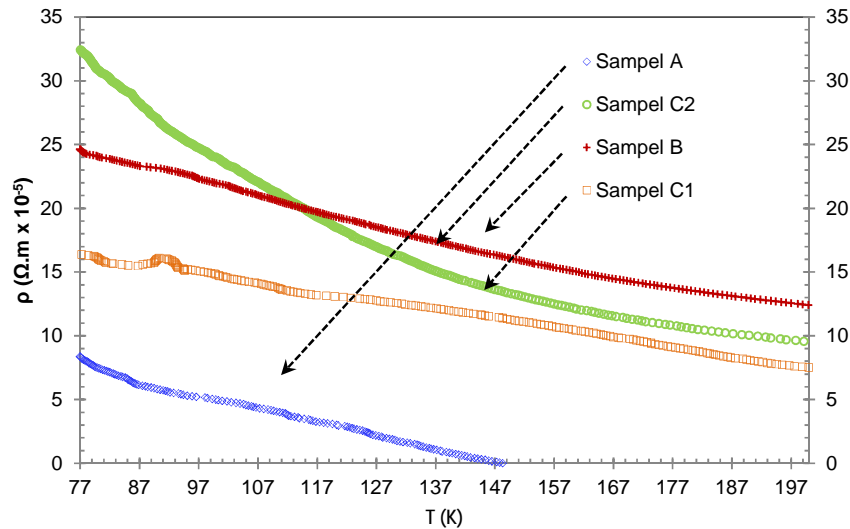
Diperoleh fraksi volume semua sampel A = 97,72%, B = 96,96%, C1 = 94,74% dan C2 = 94,99%. Tampak semua sampel memberikan fraksi volume > 90%, ini mengindikasikan bahwa fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ dapat dibuat dengan menggunakan bahan dasar $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ sebagai pengganti $BaCO_3$. Sintesis dapat dilakukan baik dengan tanpa alkohol maupun dengan alkohol sebagai media pencampuran awal. Sintesis tanpa proses kalsinasi memiliki χ^2 yang paling besar dan fraksi volume yang paling kecil. Dengan demikian, sintesis tanpa proses kalsinasi tidak memberikan dampak yang lebih baik dalam pembentukan fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$.

4.2 Uji Efek Meissner

Uji efek Meissner merupakan karakterisasi awal secara kualitatif untuk melihat sifat superkonduktivitas suatu bahan pada suhu ~77 K. Uji efek Meissner dilakukan dengan menempatkan potongan magnet kecil di atas sampel $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ pada suhu nitrogen cair. Efek meissner terjadi jika teramati adanya penolakan medan magnet oleh sampel. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa keempat sampel semuanya belum memperlihatkan adanya penolakan medan oleh sampel. Ini mengindikasikan bahwa sampel fase $Nd_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ yang terbentuk di dalam sampel belum bersifat superkonduktif pada suhu ~77 K.

4.3 Pengukuran Suhu Kritis

Dalam penelitian ini sampel diberi arus sebesar sebesar 1 mA dan jarak antara elektroda adalah 2,5 mm dengan tebal sampel 2,10 sampai 2,95 mm. Besaran terukur dalam pengukuran ini adalah suhu dan tegangan (*voltage*) sampel. Pengukuran ini dilakukan dari suhu rendah ke suhu tinggi secara manual. Selanjutnya hasil pengukuran dibuat grafik resistivitas r sebagai fungsi suhu (T). Hasilnya sebagaimana tampak pada Gambar 4.2. Dari gambar tersebut nampak bahwa seluruh sampel belum memperlihatkan adanya transisi superkonduksi baik T_{c0} maupun $T_{c0n-set}$ di atas suhu 77 K. Ini diduga sebagai akibat dari masih belum terpenuhinya kandungan oksigen yang diperlukan. Pola kurva ρ vs. T seperti Gambar 4.2 diperlihatkan juga oleh superkonduktor fase $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ber- T_c rendah (M. Ishikawa, 1988, M. Aravinda, 1987). Terdapat ketergantungan besar T_c pada oksigen yang dikandungannya. Pada fase non-superkonduktif dan fase ber- T_c sangat rendah atom oksigennya secara acak terdistribusi pada posisi O(1) dan O(5) sehingga struktur terdistorsi menuju sistem tetragonal. Sementara itu superkonduktor fase YBCO ber- T_c tinggi dimana $0 \leq \delta \leq 0,2$ adalah memiliki simetri orthorombik I. Oleh karena itu, pada umumnya dalam mensintesis superkonduktor fase YBCO ber- T_c tinggi dilakukan pengaturan kandungan oksigen. Ini dilakukan dengan cara mensintesis superkonduktor fase YBCO di dalam ruangan ber-atmosfer gas oksigen, atau dengan pemberian perlakuan akhir (*annealing, post-treatment*) dengan gas oksigen setelah proses *sintering*. Superkonduktor sistem NBCO memiliki struktur yang sangat serupa dengan sistem YBCO



Gambar 4.2 Hasil pengukuran resistivitas terhadap suhu

dimana atom Y diganti dengan Nd. $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ adalah isomorphik dengan simetri superkonduktor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Dengan demikian sifat-sifat resistivitas seperti sistem YBCO adalah kemungkinan terjadi juga pada sifat-sifat resistivitas fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Oleh karena itu, dengan memperhatikan penyimpangan kandungan oksigen δ pada Tabel 4.3 maka kandungan oksigen pada fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ adalah belum cukup untuk dapat terbentuknya fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ber-Tc tinggi. Dengan demikian fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah ber-Tc rendah.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan sebagaimana telah diuraikan di atas maka dapat disimpulkan bahwa

1. Fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dapat disintesis dengan menggunakan $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sebagai pengganti Ba_2CO_3 baik tanpa alkohol maupun dengan alkohol sebagai media pencampuran awalnya. Hal ini terlihat dari hasil *refinement* yang telah dilakukan yakni, harga *goodness of*

fit (GoF) yaitu, 2,265, 2,039, 1,680 dan 3,645 untuk masing-masing sampel A, B, C1 dan C2. Akan tetapi sintesis tanpa proses kalsinasi tidak memberikan dampak yang lebih baik (sampel C2) pada harga *goodness of fit* (GoF) dan fraksi volume dalam pembentukan fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

2. Dalam penelitian ini telah dapat disintesis fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dengan fraksi volume di atas 90% yaitu, 97,718%, 96,958%, 94,741 dan 93,993 untuk masing-masing sampel A, B C1 dan C2. Fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ yang terbentuk pada sampel adalah dalam simetri orthorombik, akan tetapi tidak memperlihatkan Tc pada suhu di atas 77 K. Ini diduga berkaitan dengan belum terpenuhinya kandungan oksigen yang diperlukan untuk fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ber-Tc tinggi, yaitu y di atas 6,975 sampai 7,0.

VI. SARAN

Dalam mensintesis fase $\text{Nd}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ dengan menggunakan $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Ba-nya sebaiknya dilakukan melalui

proses kalsinasi. Dan untuk mendapatkan sintesis superkonduktor fase $NdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ber-Tc tinggi dengan $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ sebagai sumber kation Ba diperlukan *annealing* (pemberian oksigen).

DAFTAR PUSTAKA

- Aravinda M. Kini, Urs Geiser, Huey-Chuen I. Kao, K. Douglas Carlson, Hau H. Wang, Marilyn R. Monaghan, Jack M. Williams. 1987. High-T_c Superconductors: Selective Preparation and Characterization of Tetragonal and Orthorhombic (93 K Superconductor) Phases of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. *Inorg. Chem.*, **26**, 1836-1837.
- Balbag M. Z., Özbaz Ö., Cenik M. I. 2003. Physical Properties of Superkonduktor Compounds Containing Yttrium, Afyon Kocatepe Univeristy. *Journal of Science*, **8** (1), 80-85.
- Celebi S., A.I. Malik, S.A. Halim. 2002. Study of Nd Subtitution in Bi-(Pb)-Sr-Ca-Cu-O high-T_c superconductors. *Journal of Alloys and Compounds*, **337s**, 237-242.
- Ghorbani, S.R. 2002. Structural and Electrical Transport Properties of Doped Nd-123 Superconductors, Doctoral Dissertation, Royal Institute of Technology, Solid State Physics, Department of Physics & IMIT. *Stockholm*, 1-5.
- Giovannelli F. Ferretti M., Bardeau J. F., Hervieu I. M., Monot-Laffez I.. 2004. Structural investigation of solid solution in $Nd_{1-x}Ba_xCu_3O_y$. *Supercond. Sci. Technol.*, **17**, 8.
- Hakuraku Y. S. Miyata, T. Inoue and S. Nozoe. 1998. $NdBa_2Cu_3O_{7-x}$ thin Film Deposited by Stoichiometric Target Sputtering. *Supercond. Sci.*
- Kramer J. Yoo S. I., Mc Callum R. W., Yelon W. B., Xie H. and P. Allenspach. 1994. Hole filling, charge transfer and superconductivity in $Nd_{1-x}Ba_xCu_3O_{7-\delta}$. *Physica C*, **219**, 145.
- Kumar A. A.S. Verma, and S.R. Bhardwaj. 2008. Prediction of Formability in Perovskite-Type Oxides. *The Open Applied Physics Journal*, **1**, 11-19.
- Paola Benzi, Elena Bottizzzoa, Nicoletta Rizzia, (2004) Oxygen determination from cell dimensions in YBCO superconductors, *Journal of Crystal Growth* **269** 625–629
- Pavuna Michel Cyrot dan Davor. 1992. *Introduction to Superconductivity and High T_c Materials*. Singapore: World Scientific Publishing Co.Pte. Ltd.
- Windaryoto dan Suardana Putu. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Nano Partikel Oksida $RE_1Ba_2Cu_3O_7$ ($RE=Nd, Eu, Gd$) Menggunakan Metode Palarutan Asam Kuat*. Denpasar: Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Udayana.
- Wong-Ng W. and L. P. Cook, H. B. Su, M. D. Vaudin and C. K. Chiang, D. R. Welch, E. R. Fuller, Jr, Z. Yang, and L. H. Bennett. 2006. Phase Transformations in the High-T_c Superconducting Compounds, $Ba_2RCu_3O_{7-\delta}$ (R = Nd, Sm, Gd, Y, Ho, and Er), *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.* **111**, 41-5