

ANALISIS STRUKTUR KRISTAL BARIUM HEKSAFERRIT TIPE-W (Ba,Sr)CoTiFe₁₆O₂₇

Tsaniya Mukarromah¹, Widyaningrum Indrasari^{1,2}, Erfan Handoko^{1,2*}

¹Kelompok Peneliti Material Magnet, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta

²Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Jalan Pemuda No.10 Rawamangun, Jakarta Timur 13220

*)Email: erfan@unj.ac.id

Abstrak

Barium Heksaferrit tipe-W (BaMe₂Fe₁₂O₂₇) memiliki nilai temperatur *curie* tinggi, nilai koersivitas sangat kecil (H_c), dan magnetik saturasi (M_s) paling tinggi dibandingkan dengan material *ferrite* lainnya. Barium Heksaferrit tipe-W memiliki struktur kristal yang dibangun sebagai superposisi dari blok S dan blok R. Kehadiran kation divalen dan trivalen yang didistribusikan diantara berbagai sub-kisi menjadikan Barium Heksaferrit tipe-W sangat menarik untuk studi dasar dan aplikasi yang berbeda. Sintesis dan karakterisasi material Barium Heksaferrit tipe-W dengan memodifikasi nilai Ba dan Sr pada Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe₁₆O₂₇ dengan komposisi $x=0$ dan $x=0.1$ untuk mengetahui karakteristik fasa/kristal yang terbentuk, dilakukan melalui proses penghalusan serbuk bahan-bahan dasar BaCO₃, Fe₂O₃, SrCO₃, Co₃O₄ dan TiO₂ dengan *High Energy Ball Mill* selama 1 jam dalam suasana basah (toluena). Pembentukan fasa di sinter 1100°C selama 3 jam. Melalui analisis kristalografi dengan pengukuran *X-Ray Diffractometer* (XRD) pada target anoda Cobalt atau anoda Co, diperoleh analisis fasa secara kualitatif dan kuantitatif. Dari hasil ini diperoleh material magnetik BaCoTiFe₁₆O₂₇ dan Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇. Nilai parameter kisi untuk BaCoTiFe₁₆O₂₇ dan Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇ adalah $a=b=5.89 \text{ \AA}$, $c=23.24 \text{ \AA}$ dan $a=b=5.89 \text{ \AA}$, $c=23.23 \text{ \AA}$. senyawa BaCoTiFe₁₆O₂₇ memiliki volume sel lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇. Perubahan volume sel mempengaruhi nilai unisotropi kristal.

Kata Kunci: Barium Heksaferrit tipe-W, *High Energy Ball Mill*, *X-Ray Diffractometer* (XRD), Fasa Kristal

Abstract

W-type Barium Hexaferrite (BaMe₂Fe₁₂O₂₇) has high value of currie temperature, very small coercivity (H_c), and the highest magnetic saturation (M_s) than the other ferrite materials. The W-type Barium Hexaferrite has a crystal structure that built up as a superposition of S and R blocks. Appearance of divalent and trivalent cations that distributed among various sublattices makes W-type Barium Hexaferrite become very interesting for basic studies and different applications. Synthesis and characterization of materials W-type Barium Hexaferrite by modify the value of Ba and Sr in Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe₁₆O₂₇ with composition $x=0$ and $x=0.1$ to determine the characteristics of the phases/crystals that formed, conducted through the process of smoothing powders of basic materials BaCO₃, Fe₂O₃, SrCO₃, Co₃O₄ and TiO₂ by the High Energy Ball Mill for 1 hour in a wet condition (toluene). Phase forming in sintering 1100°C for 3 hours. By crystallographic analysis with measurements of X-Ray Diffractometer (XRD) on a target of Cobalt anode or anode Co, obtained phase analysis by qualitative and quantitative. From this result obtained magnetic materials BaCoTiFe₁₆O₂₇ and Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇. Lattice parameter values for BaCoTiFe₁₆O₂₇ and Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇ are $a=b=5.89 \text{ \AA}$, $c=23.24 \text{ \AA}$ dan $a=b=5.89 \text{ \AA}$, $c=23.23 \text{ \AA}$. BaCoTiFe₁₆O₂₇ has a higher cell volume than Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe₁₆O₂₇. Changes in cell volume affects the value of unisotropi crystal.

Keywords: W-type Barium Hexaferrite, *High Energy Ball Mill*, *X-Ray Diffractometer* (XRD), Crystal Phase

1. Pendahuluan

Barium Heksaferrit merupakan keramik oksida kompleks dan material magnet permanen yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Barium Heksaferrit memiliki daya guna yang baik namun harganya lebih murah bila dibandingkan dengan

material magnet sejenis. Barium Heksaferrit seperti tipe M (BaFe₁₂O₁₉), tipe W (BaMe₂Fe₁₂O₂₇), tipe X (BaMe₂Fe₂₈O₄₆), tipe Y (Ba₂Me₂Fe₁₂O₂₂), tipe Z (Ba₃Me₂Fe₂₄O₄₁), dan tipe U (Ba₄Me₂Fe₃₆O₆₀) dengan Me adalah logam transisi divalen [1] memiliki nilai resistivitas yang tinggi, nilai *magnetocrystalline* anisotropi yang tinggi, temperatur *currie* yang tinggi,

tahan terhadap korosi, memiliki sifat fisis yang baik, dan mempunyai stabilitas termal[2]. Dari ke-6 jenis Barium Heksaferrit tersebut, Barium Heksaferrit tipe-M dan tipe-W merupakan material yang efisien dalam menyerap gelombang mikro (Berdasarkan penelitian dari Jozef dkk (2005) [3] dan Muhammad Javed dkk (2011) [4]).

Pada Barium Heksaferrit tipe-W memiliki struktur kristal yang dibangun sebagai superposisi dari blok S dan blok R. Struktur kristal dan struktur kimia dari Barium Heksaferrit tipe-W berhubungan erat dengan Barium Heksaferrit tipe-M, di mana struktur kristal Barium Heksaferrit tipe-M dan tipe-W dapat berasal dari susunan blok S dan R secara bergantian. Kehadiran kation divalen dan trivalen yang didistribusikan diantara berbagai sub-kisi menjadikan Barium Heksaferrit tipe-W sangat menarik untuk studi dasar dan aplikasi yang berbeda[2].

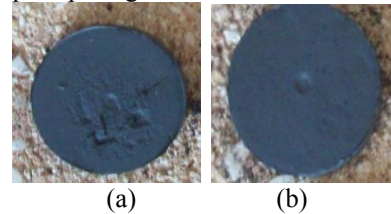
Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi material Barium Heksaferrit tipe-W dengan memodifikasi nilai Ba dan Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan komposisi $x=0$ dan $x=0.1$ untuk mengetahui karakteristik fasa/Kristal dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).

2. Metode Penelitian

Metode *Mechanical Alloying* digunakan untuk mensintesis material Barium Heksaferrit tipe-W yang didoping logam Sr. Metode ini digunakan untuk mengetahui karakteristik fasa/kristal yang terbentuk pada material Barium Heksaferrit tipe-W. Bahan dasar yang digunakan pada material Barium Heksaferrit tipe-W dalam penelitian ini terdiri dari material penyusun yaitu $BaCO_3$, Fe_2O_3 , $SrCO_3$, Co_3O_4 dan TiO_2 yang memiliki komposisi massa ± 4 gram dengan variasi nilai $x = 0$ dan $x=0.1$. Sampel yang telah dicampur, ditambahkan toluena 80 % untuk membantu proses homogenisasi material menggunakan *High Energy Ball Mill* selama 1 jam. Setelah proses HEBM, dilakukan proses pengeringan sampel menggunakan *hotplate*, setelah sampel kering dan berbentuk serbuk, sampel di kalsinasi pada suhu $750^\circ C$ selama 3 jam. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan karbon yang masih terkandung dalam material. Setelah sampel di kalsinasi, sampel di kompakasi ($D = 20$ mm) dengan tekanan 5 ton/cm². Proses ini menghasilkan sampel yang berbentuk pelet. Untuk memperkuat ikatan pada sampel, sampel di sintering dengan suhu $1100^\circ C$ selama 3 jam. Proses ini dilakukan sebagai proses pengaktifan dan pembentukan fasa material yang terbentuk. Sampel yang telah disintering, kemudian dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif data difraksi sinar-X menggunakan radiasi $CuK\alpha$ dalam interval 2θ antara 20° sampai 100° untuk mengidentifikasi ukuran fasa/kristal $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan variasi nilai x .

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pembuatan sampel $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$ yang telah disintering dengan suhu $1100^\circ C$ selama 3 jam, maka didapatkan bentuk sampel seperti pada gambar 1.

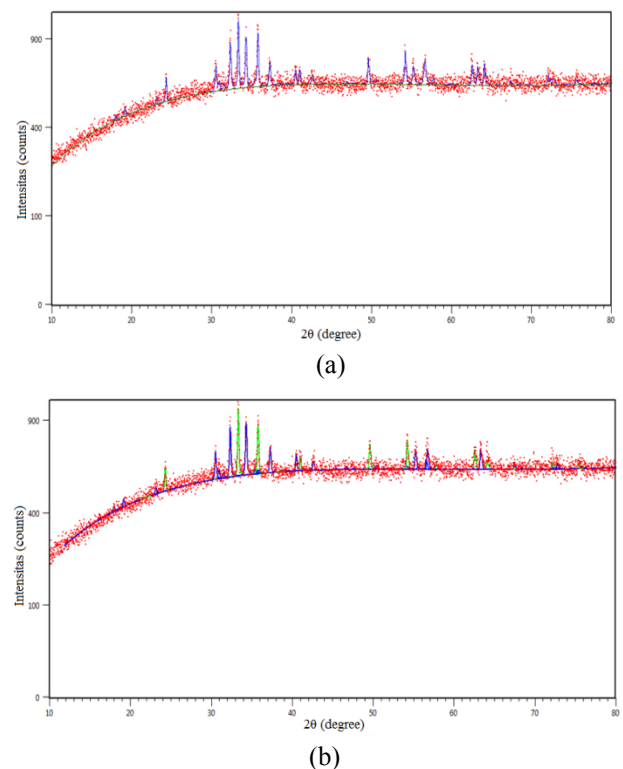


Gambar 1. Sampel (a) $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan (b) $Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$ setelah disintering

Fasa-fasa yang terbentuk

Untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel, dapat dilakukan pengukuran difraksi sinar-x menggunakan alat *X-Ray Diffractometer* dengan perhitungan menggunakan aplikasi HSP (*High Score Plus*) yang kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

Telah dilakukan proses identifikasi fasa pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan $x = 0$ dan $x = 0.1$ yang telah disintering pada suhu $1100^\circ C$ selama 3 jam. Identifikasi fasa tersebut menghasilkan beberapa puncak (*peak*) tertinggi. Berikut ini merupakan pola difraksi sinar-x dari $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan $x = 0$ dan $x = 0.1$



Gambar 2. Identifikasi fasa pola XRD (a) $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan (b) $Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$

Dari hasil analisis kualitatif berdasarkan diagram $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki pola difraksi yang sama dengan pola difraksi senyawa $BaFe_{12}O_{19}$. Namun jika dilihat pada diagram tersebut, senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ masih terdapat pengotor didalamnya.

Tabel 1. Nilai parameter kisi, densitas, ukuran kristal, dan volume sel $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ pengukuran XRD

sampel		$BaCoTiFe_{16}O_{27}$	$Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$
Parameter kisi	a (Å)	5.89	5.89
	b (Å)	5.89	5.89
	c (Å)	23.24	23.23
Densitas (gram/cm ³)		5.29	5.3
ukuran kristal (nm)		56.26	59.4
Volume sel (Å ³)		697.6	696.76

Pada referensi di aplikasi HSP (*High Score Plus*) parameter kisi untuk $BaFe_{12}O_{19}$ adalah $a=b= 5.865 \text{ \AA}$ dan $c= 23.099 \text{ \AA}$. Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa parameter kisi $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ tidak begitu jauh dari referensi HSP (*High Score Plus*).

Untuk senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki densitas lebih rendah dibandingkan dengan senyawa $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ (berdasarkan perhitungan dari aplikasi HSP). Sedangkan pada data hasil eksperimen, senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki densitas 4.84 gram/cm^3 dan senyawa $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki densitas 4.81 gram/cm^3 . Maka dapat terlihat bahwa nilai densitas hasil eksperimen lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai densitas hasil perhitungan dari aplikasi HSP. Pada volume sel, senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki volume sel lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$. Perubahan volume sel mempengaruhi nilai unisotropi kristal[5].

4. Kesimpulan

Telah berhasil mensintesis senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$. parameter kisi $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ dan $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$ tidak begitu jauh dari referensi HSP (*High Score Plus*). senyawa $BaCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki volume sel lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa $Ba_{0,9}Sr_{0,1}CoTiFe_{16}O_{27}$.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Jakarta dan Laboratorium Fisika Fakultas Sains dan

Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta atas fasilitas peralatan untuk pengukuran.

Daftar Acuan

Jurnal

- [1] Iqbal. M.A, Tahir. W, Murtaza Rai. G, Noor. N.A, Ali. Selamat, and Kubra. K.T, An investigation of the titanium effect on the structural and magnetic properties of $BaNi_2$ based W-type hexaferrites, *Ceramics International* 38 (2012) 3757–3762.
- [2] Ahmed. M.A, Okasha. N, and Kershi. R.M, Dramatic effect of rare earth ion on the electrical and magnetic properties of W-type barium hexaferrites, *Physica B* 405 (2010) 3223–3233.
- [3] Sláma. Jozef, Grusková. Anna, Papánová. Mária, Kevická. Darina, Jancárik. Vladimír. Dosoudil. Rastislav, Mendoza-Suárez. Guillermo, and González-Engeles. Alvaro, Properties of M-type Barium Ferrite doped by selected ions, *Journal of ELECTRICAL ENGINEERING*, VOL. 56, NO. 1-2, 2005, 21–25.
- [4] Iqbal. Muhammad Javed, Ali Khan. Rafaqat, Takeda. Shigeru, Mizukami. Shigemi, and Miyazaki. Terunobu, W-type hexaferrite nanoparticles: A consideration for microwave attenuation at wide frequency band of 0.5–10GHz, *Journal of Alloys and Compounds* 509 (2011) 7618–7624.
- [5] Priyono, Siradj. Eddy, dan Manaf. Azwar, Pengaruh Substitusi Ion Mn dan Ion Co Serta Ion Ti pada Pembentukan Fasa dan Sifat Magnetik Barium Hexaferrite $BaFe_9(MnCo)_{1,5}Ti_{1,5}O_{1,9}$ Disintesis Melalui Rute Metallurgi Serbuk, *Indonesian journal of applied Physics* (2013) Vol. 3 No. 1 halaman 79.

