

ANALISIS STRUKTUR KRISTAL MATERIAL BARIUM HEKSAFERRIT $BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_{x/2}O_{19}$

Nurul Annisa Kumalahardiyani¹, Riser Fahdiran^{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

*¹ Email: erfana@unj.ac.id

Abstrak

Barium heksaferrit dengan struktur molekul $BaFe_{12}O_{19}$ merupakan salah satu material magnetik yang banyak digunakan untuk penelitian, kaitannya dengan peningkatan kualitas material sesuai pengaplikasiannya. $BaFe_{12}O_{19}$ memiliki nilai H_c (saturasi magnet) tinggi, stabilitas kimia yang baik, T_c (temperatur Curie) tinggi dan tahan terhadap korosi. Pensintesisan material $BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_{x/2}O_{19}$, dengan $x=0$ dan $x=1$, dilakukan melalui penghalusan serbuk $BaCO_3$, Fe_2O_3 , Co_3O_4 , TiO_2 , dan $MnCO_3$ menggunakan *High Energy Ball Mill* selama 1 jam dengan menggunakan metode *wet milling*. Kemudian dikalsinasi pada temperatur $750^\circ C$ selama 3 jam dan sintering pada temperatur $1100^\circ C$ selama 3 jam. Diharapkan pada material ini dapat terbentuk fasa yang dapat diidentifikasi dan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk mengidentifikasi struktur kristal material tersebut dan diolah menggunakan aplikasi *High-Score Plus*. Dari grafik XRD, diketahui bahwa pensubstitusian ion Mn, Co dan Ti telah berhasil dilakukan. Nilai parameter kisi $a = b = 5.88 \text{ \AA}$, dan $c = 23.24 \text{ \AA}$.

Kata kunci: struktur kristal, Barium heksaferrit, *X-Ray Diffractometer* (XRD)

Abstract

Barium hexaferrite with hexagonal molecular $BaFe_{12}O_{19}$ is one of the magnetic materials that widely used for research, about improving the quality of material corresponding the application. $BaFe_{12}O_{19}$ has high H_c (magnetic saturation), good chemical stability, high T_c (Curie temperature) and corrosion resistant. Synthesis material $BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_{x/2}O_{19}$, with $x=0$ and $x=1$, made through smoothing $BaCO_3$, Fe_2O_3 , Co_3O_4 , TiO_2 , and $MnCO_3$ using High Energy Ball Mill for 1 hour by using wet milling method. Then calcinating at temperature of $750^\circ C$ for 3 hours and sintering at temperature $1100^\circ C$ for 6 hours. Expected in this material may be formed phases can be identified and analyzed qualitatively and quantitatively using X-Ray Diffractometer (XRD) to identify the crystal structure of the materials and processed using High-Score Plus application. From the XRD chart, known that the substitution ion Mn, Co and Ti has been done. The value of lattice parameter is $a = b = 5.88 \text{ \AA}$, and $c = 23.24 \text{ \AA}$.

Keywords: crystal structure, Barium hexaferrite, *X-Ray Diffractometer*

1. Pendahuluan

Material magnetik barium heksaferrit $BaO_6(Fe_2O_3)$ merupakan jenis keramik oksida yang banyak dikembangkan, selain material magnet lainnya seperti $SrO_6(Fe_2O_3)$ dan $PbO_6(Fe_2O_3)$, karena sifatnya yang menarik dalam berbagai bidang aplikasi. Pembuatannya yang relatif mudah serta harganya yang lebih murah dibandingkan dengan bahan lainnya juga merupakan salah satu alasan pengembangan barium heksaferrit ini [1].

Karakteristik barium heksaferrit antara lain, memiliki sifat mekanik yang kuat, temperatur Curie tinggi, koersifitas tinggi, tidak mudah korosi dan tingkat kestabilan terhadap pengaruh medan luar yang cukup baik [2-3]. Selain itu, barium

heksaferrit memiliki sifat magnetik uniaksial yang pada suhu kamar memiliki medan anisotropi pada kisaran 17.5 kOe [4].

Ion-ion ferrit pada barium heksaferrit dapat disubstitusi dengan ion-ion divalen seperti Co^{2+} , Ti^{4+} , dan Mn^{2+} . Substitusi ini dapat mengubah anisotropi magnetik dari uniaksial menjadi planar [5].

Pada penelitian ini akan dilakukan substitusi ion Mn^{2+} , Co^{2+} dan Ti^{4+} pada $BaFe_{12}O_{19}$ menggunakan alat *High Energy Ball Mill* dengan pencampuran basah (*wet milling*), sehingga didapatkan material $BaFe_{11}(Co_{0.5}Ti_{0.25}Mn_{0.25})_{x/2}O_{19}$ yang homogen. Material kemudian dianalisis dengan *X-Ray Diffractometer* untuk mengetahui fasa/kristal.

2. Metode Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir preparasi dan pengujian sampel Barium heksaferrit dengan substitusi ion Mn, Co dan Ti.

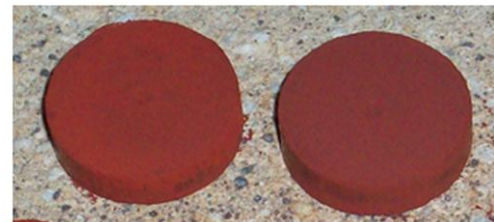
Preparasi sampel bahan magnet barium heksaferrit yang di doping dengan ion Co, Ti, dan Mn menggunakan bahan baku serbuk BaCO₃, Fe₂O₃, MnCO₃, TiO₂, dan Co₃O₄ yang telah ditimbang dengan stoikiometri dari fasa BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_{x/2}O₁₉ untuk x = 0 dan x = 1. Semua bahan dicampur dengan *high energy ball mill* secara basah (*wet milling*) menggunakan media toluena. Mixing dilakukan selama 1 jam dengan tujuan agar didapatkan bahan dengan partikel-partikel yang homogen. Setelah itu serbuk dikeringkan menggunakan *hot-plate* untuk menghilangkan kadar toluene pada proses *mixing* dan kemudian dikalsinasi pada suhu 750°C selama

Tabel 1. Nilai parameter kisi, densitas, ukuran kristal dan volum sel material BaFe₁₂O₁₉ dan BaFe₁₁(Co_{0.5}Ti_{0.25}Mn_{0.25})O₁₉

Material	Parameter Kisi (Å)			Densitas (gr/cm ³)	Ukuran Kristal (nm)	Volume Sel (Å ³)
	a	b	c			
BaFe ₁₂ O ₁₉	5.88	5.88	23.24	5.29	27.6	697.78

3 jam, yang bertujuan untuk menghilangkan kadar karbon yang terdapat didalam bahan.

Serbuk yang telah dikalsinasi tersebut kemudian dicetak dengan tekanan 5 ton/cm³ sehingga terbentuk pelet berdiameter 2 cm. Proses selanjutnya adalah pellet disintering pada suhu 1100°C yang ditahan selama 3 jam. Sintering bertujuan untuk memperkuat ikatan antar serbuk, mengurangi nilai porositas dan meningkatkan nilai densitas. Pengujian karakterisasi yang dilakukan adalah uji XRD (X-Ray Diffraction).



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Sampel BaFe₁₂O₁₉ (kiri) dan BaFe₁₁(Co_{0.5}Ti_{0.25}Mn_{0.25})O₁₉ (kanan) sebelum kalsinasi (b) Sampel BaFe₁₂O₁₉ (kiri) dan BaFe₁₁(Co_{0.5}Ti_{0.25}Mn_{0.25})O₁₉ (kanan) sesudah kalsinasi

3. Hasil dan Pembahasan

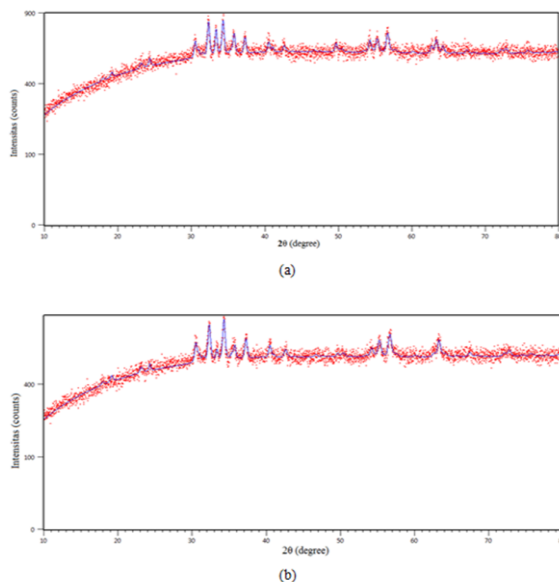
Pada tabel 1 terlihat nilai perbandingan parameter kisi, densitas, ukuran kristal dan volum sel dari material BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_{x/2}O₁₉ dengan komposisi x = 0 dan x = 1.

$\text{BaFe}_{11}(\text{Co}_{0.5}\text{Ti}_{0.25}\text{Mn}_{0.25})\text{O}_{19}$	5.88	5.88	23.24	5.29	25.09	698.31
--	------	------	-------	------	-------	--------

Dari hasil tersebut, diketahui bahwa pensubstitusian ion Mn, Co dan Ti pada material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ menyebabkan terjadinya penurunan ukuran kristal. Sementara, volum sel dari material yang telah disubstitusi ion Mn, Co dan Ti bernilai lebih besar dibandingkan dengan volum sel $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan alat *X-Ray Diffractometer*. Hasil karakterisasi kemudian dianalisa secara kualitatif dan kuantitatif untuk dapat mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada sampel yang telah melalui proses pemanasan ini. Proses analisa tersebut dilakukan dengan menggunakan aplikasi *High-Score Plus*.

Grafik hasil pengukuran difraksi sinar-x menggunakan *X-Ray Diffractometer* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengukuran difraksi sinar-x: (a) $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan (b) $\text{BaFe}_{11}(\text{Co}_{0.5}\text{Ti}_{0.25}\text{Mn}_{0.25})\text{O}_{19}$ menggunakan *X-Ray Diffractometer*

Pada gambar 3 dapat terlihat pola dari fasa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan pola dari fasa $\text{BaFe}_{12-x}(\text{CoTi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_{x/2}\text{O}_{19}$ untuk komposisi $x=1$. Hasil identifikasi fasa menunjukkan bahwa masih terdapat fasa lain diluar $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, yaitu fasa Hematit (Fe_2O_3). Untuk fasa Fe_2O_3 , meskipun bukan fasa dominan, hal ini menunjukkan bahwa proses pembentukan material Barium heksaferrit ini masih kurang optimal. Dari hasil XRD tersebut dapat diketahui nilai parameter kisi untuk $\text{BaFe}_{11}(\text{Co}_{0.5}\text{Ti}_{0.25}\text{Mn}_{0.25})\text{O}_{19}$ adalah $a = b = 5.88 \text{ \AA}$, dan $c = 23.24 \text{ \AA}$. Meskipun kurang optimal, namun proses sintesis Co, Ti dan Mn pada fasa $\text{BaFe}_{11}(\text{Co}_{0.5}\text{Ti}_{0.25}\text{Mn}_{0.25})\text{O}_{19}$ telah berhasil mensubstitusi fasa menjadi $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

4. Kesimpulan

Telah berhasil dilakukan proses sintesis material magnet komposisi $\text{BaFe}_{12-x}(\text{CoTi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_{x/2}\text{O}_{19}$ dengan $x=0$ dan $x=1$. Pensubstitusian ion Mn, Co dan Ti menyebabkan penurunan nilai ukuran kristal dan kenaikan nilai volum sel. Pola difraksi sinar-x pada sampel yang ada menunjukkan pola yang sama dengan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, meskipun masih terdapat fasa lain yang tidak dominan, yaitu Fe_2O_3 . Sehingga diketahui bahwa substitusi Co, Ti dan Mn terhadap Fe telah berhasil dilakukan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Jakarta dan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah atas fasilitas peralatan untuk pembuatan sampel serta pengukuran.

Daftar Acuan

- [1] Susanto, E. A., Erfan H., Mangasi A. M., Material Barium Heksaferrat Tipe-W sebagai Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI DIY & Jateng (2014), ISSN: 0853-0823.
- [2] X. Tang, Influence of Synthesis Variables on The Phase Component and Magnetic Properties of M-Ba-Hexaferrite Powders Prepared Via Sugar- Nitrates Process. Journal of Material Science (2005). ISSN 0022- 2461.
- [3] Priyono, Arianto dan Nur, Preparasi serbuk barium ferrite untuk menghasilkan medan koersive tinggi: tinjauan ada proses sintering, ISSN: 1410-9662, Vol. 4, No. 2 (2001), p. 45-48.
- [4] Li Z. W., Lin G. A., and Chen, L., Co^{2+} Ti^{4+} substituted Z-type barium ferrite with enhance imaginary permeability and resonance frequency, Journal of applied Physics (2006), Vol. 99, 063905-1.
- [5] Sulisty, Indras M., Priyono, Sintesis dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Sol-Gel Untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro Pada Frekuensi X-Band, Jurnal Universitas Diponegoro, Vol. 15, No. 2 (2012), hal 63-68.

