

ANALISIS FASA BAHAN MAGNETIK SISTEM $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ ($0 < X < 0,7$)

Yosef Sarwanto¹, Wisnu Ari Adi¹, Engkir Sukirman¹ dan Azwar Manaf²

¹Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN

Kawasan Puspipstek Serpong 15314, Tangerang Selatan

²Program Studi Materials Science, Departemen Fisika, FMIPA - UI

Kampus Baru UI, Depok 16424

e-mail: yosawa@gmail.com

ABSTRAK

ANALISIS FASA BAHAN MAGNETIK SISTEM $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ ($0 < X < 0,7$). Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi bahan magnetik sistem $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ dengan ($x = 0; 0,3; 0,5$ dan $0,7$) hasil proses *mechanical alloying*. Bahan magnetik ini dibuat dari oksida penyusun $BaCO_3$, La_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Campuran di *milling* selama 10 jam kemudian di *sintering* pada suhu $1050^\circ C$ selama 10 jam. Hasil *refinement* pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel dengan substitusi lanthanum sebesar $X = 0,3; 0,5$ dan $0,7$ terdiri dari tiga fasa, yaitu fasa $Ba_{0,8}La_{0,2}O_6Fe_2O_3$ yang memiliki struktur heksagonal (P63/mmc) dengan parameter kisi $a = b = 5,929 \text{ \AA}$ dan $c = 23,413 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$, fasa $\alpha-Fe_2O_3$ yang memiliki struktur Heksagonal (R-3c) dengan parameter kisi $a = b = 5,0347 \text{ \AA}$ dan $c = 13,7473 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$ dan fasa $LaFeO_3$ yang memiliki struktur *cubic* (Pm3m) dengan parameter kisi $a = b = c = 3,926 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Kemampuan substitusi atom Lanthanum ke dalam atom barium pada sistem ini hanya sampai pada batas $x \sim 0,2$ membentuk struktur $Ba_{0,8}La_{0,2}Fe_{12}O_{19}$. Penambahan unsur barium selanjutnya $x > 0,2$ akan membentuk tiga fasa yaitu $Ba_{0,8}La_{0,2}Fe_{12}O_{19}$, $\alpha-Fe_2O_3$ dan $LaFeO_3$.

Kata kunci: Ba-La heksaferrit, Struktur kristal, Komposisi

ABSTRACT

PHASE ANALYSIS OF SYSTEM MAGNETIC MATERIALS OF $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ ($0 < x < 0.7$). The synthesis and characterization of barium hexaferrite substituted with lanthanum by mechanical alloying route has been performed. This magnetic material is prepared by oxides, namely $BaCO_3$, La_2O_3 , and Fe_2O_3 . The mixture was milled for 10 h then sintered at a temperature of $1050^\circ C$ for 10 h. The refinement results of X-ray diffraction pattern showed that the sample after La addition consisted of three phases, namely, $Ba_{0,8}La_{0,2}O_6Fe_2O_3$, $\alpha-Fe_2O_3$, and $LaFeO_3$ phases. $Ba_{0,8}La_{0,2}O_6Fe_2O_3$ phase has a hexagonal structure (P63/mmc) with lattice parameters $a = b = 5.929 \text{ \AA}$ and $c = 23.413 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ and $\gamma = 120^\circ$, $\alpha-Fe_2O_3$ phase has a hexagonal structure (R-3c) with lattice parameters $a = b = 5.0347 \text{ \AA}$ and $c = 13.7473 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ and $\gamma = 120^\circ$, and $LaFeO_3$ phase has cubic structure (Pm3m) with lattice parameters $a = b = c = 3.926 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. We concluded that ability of lanthanum atom substitution in the barium atom in this system only up to the limit $x \sim 0.2$ formed the $Ba_{0,8}La_{0,2}Fe_{12}O_{19}$ structure. Subsequent addition of the element lanthanum ($x > 0.2$) will form three phases, namely $Ba_{0,8}La_{0,2}Fe_{12}O_{19}$, $\alpha-Fe_2O_3$, and $LaFeO_3$ phases.

Keywords: Ba-La hexaferrite, Crystal structure, Composition

PENDAHULUAN

Barium-hexaferrite dengan struktur heksagonal secara konvensional merupakan bahan yang paling populer digunakan sebagai magnet permanen dan lazim disebut dengan ferit magnet karena memiliki efisiensi yang tinggi dan biaya yang lebih murah dibandingkan bahan lainnya [1-2]. Indonesia merupakan salah satu target pasar ferit-magnet kedua di dunia setelah China. Dan diprediksikan bahwa hingga tahun 2020 diperkirakan kebutuhan di dunia akan bahan magnet yang berbasis ferit mencapai 6155 US dolar atau sekitar 1210 ton.

Namun perkembangan selanjutnya bahwa bahan ini merupakan kandidat bahan absorber gelombang elektromagnetik. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh *barium-hexaferrite* ini adalah bahan ini memiliki medan anisotropi magnetokristalin tinggi, saturasi magnetisasi total tinggi, suhu *Curie* tinggi, stabilitas kimia yang baik, dan tahan korosi [3-5]. Salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk aplikasi praktis sebagai penyerap gelombang elektromagnetik adalah bahwa bahan ini harus memiliki nilai koersivitas serendah mungkin

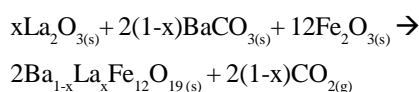
dengan saturasi magnet yang tinggi [6-8]. Sebagai studi awal pengembangan bahan ini terlebih dahulu harus diperoleh nilai saturasi magnet yang tinggi sebelum menurunkan koersivitasnya. Karena dengan menurunkan nilai koersivitas bahan magnetic ini berarti menurunkan medan anisotropi magnetokristalinnya yang berakibat menurunkan nilai magnetisasi totalnya. Dengan demikian diperlukan modifikasi bahan dengan merekayasa struktur dari bahan magnetik ini untuk mendapatkan nilai saturasi magnetic yang tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [9], yang telah mensubstitusi ion Ba^{2+} dengan kombinasi ion divalen (M: Sr^{2+} dan Ca^{2+}) pada bahan magnet sistem $Ba_{1-x}M_xO_6Fe_2O_3$. Mereka melaporkan bahwa kemampuan substitusi Sr ke dalam Ba pada sistem ini bisa terjadi hingga $x = 1$ dengan struktur yang tidak berubah. Sedangkan substitusi Ca ke dalam Ba hanya mampu sampai pada batas $x \sim 0,25$ untuk membentuk struktur ini, selebihnya dapat menghadirkan fasa lain. Disamping itu bahwa adanya substitusi ini dapat meningkatkan baik nilai medan koersivitas maupun medan saturasinya berturut-turut dari 74.4 kA/m meningkat menjadi 289.6 kA/m dan 380 kA/m meningkat menjadi 389.9 kA/m. Dan menurut hasil penelitian sebelumnya yang telah menambahkan paduan $BaO.6Fe_2O_3$ dengan La_2O_3 dapat meningkatkan nilai medan koersivitas dan remanen dari paduan tersebut relatif signifikan [10].

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi bahan magnet berbasis barium heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$) dengan mensubstitusi atom barium dengan atom Lanthanum. Sehingga diharapkan kehadiran lanthanum ini dapat mempengaruhi jumlah keberadaan *coupling* $Fe^{3+}-O-Fe^{3+}$ yang sangat berkontribusi terhadap sifat magnetik pada bahan ini. Pembahasan pada penelitian ini mencakup hasil sintesis dan karakterisasi struktural pada modifikasi bahan ini. Jadi tujuan penelitian ini adalah untuk memodifikasi bahan magnet berbasis barium heksaferite dengan substitusi Lanthanum dan memahami sifat struktur kristalnya.

METODE PERCOBAAN

Bahan barium heksaferite disubstitusi dengan lanthanum disintesis menggunakan metode reaksi padatan dengan oksida-oksida penyusun adalah $BaCO_3$, La_2O_3 , dan Fe_2O_3 dari produk Merck dengan kemurnian lebih dari 99 %. Pencampuran bahan-bahan dasar dan jumlah massanya digunakan prinsip stoikiometri dengan Persamaan (1) :



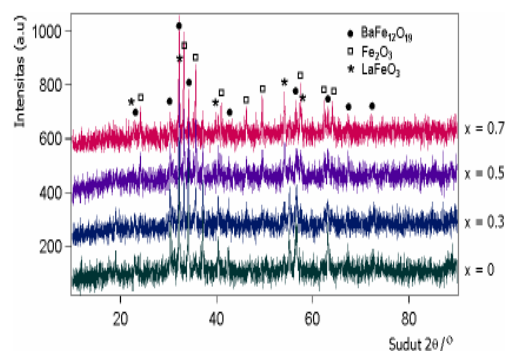
Komposisi x yang digunakan adalah $x = 0; 0,3; 0,5$ dan $0,7$. Ketiga bahan dasar tersebut dicampur

menggunakan alat *High Energy Milling (HEM)* Spex 8000. *HEM* ini berada di laboratorium Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir (BKAN), Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dengan spesifikasi *normal speed = 1400 rpm, run time = 90 menit, of time = 30 menit* dan *on of cycle 1 kali*. Dimensi *vial* panjang 7,6 cm dan diameter 5,1 cm. Sedangkan diameter *ball mill* sebesar 10 mm, terbuat dari bahan *stainless steel*. Campuran ini ditambahkan etanol dan *dimilling* selama 10 jam pada suhu ruang. Campuran hasil proses *milling* kemudian dibuat dalam bentuk sampel pelet diameter 2,5 cm dan ketebalan 2 mm yang dikompaksi dengan tekanan 6000 psi. Sampel pelet tersebut *disintering* pada suhu 1050 °C selama 10 jam dengan laju pemanasan 350 °C/jam dan didinginkan di dalam lingkungan *furnace*. Setelah itu sampel pelet hasil *sintering* digerus kembali untuk dikarakterisasi struktur kristalnya.

Karakterisasi fasa-fasa yang ada di dalam sampel diukur menggunakan alat *X-Ray Diffractometer (XRD)* *Philip* tipe PW1710. Pengukuran pola difraksi sampel dilakukan dengan berkas sinar-X dari *tube anode Cu (Copper)* dengan panjang gelombang, $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, *mode = continuous-scan, step size = 0,02°* dan *time per step = 0,5 detik*. Profil difraksi sinar-X dianalisis menggunakan perangkat lunak *GSAS (Rietveld Analysis)* [11]. Karakterisasi *XRD* ini dilakukan di laboratorium Fakultas Pertambangan, Institut Teknologi Bandung (ITB).

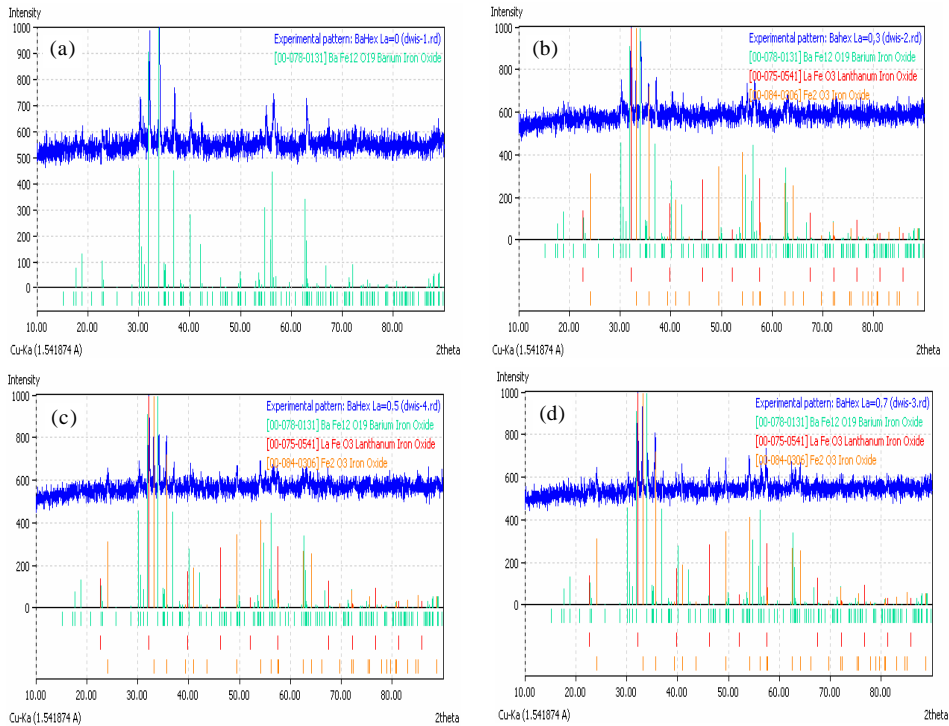
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 ditunjukkan hasil pengukuran pola difraksi sinar-X sampel modifikasi sistem *barium heksaferite* dengan penambahan unsur Lanthanum ($x = 0; 0,3; 0,5$ dan $0,7$). Dari hasil pengukuran dengan difraksi sinar-X pada sampel menunjukkan bahwa sampel diduga mengandung fasa asing setelah dilakukan penambahan unsur lanthanum di dalam sampel. Hal ini terlihat dengan hadirnya puncak-puncak asing yang tampak pada Gambar 1. Berdasarkan hasil identifikasi fasa diperoleh bahwa sampel setelah ditambahkan unsur Lanthanum telah terbentuk puncak-puncak yang diduga terdiri dari tiga fasa. Ketiga fasa tersebut yang paling



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ ($x = 0; 0,3; 0,5$ dan $0,7$)

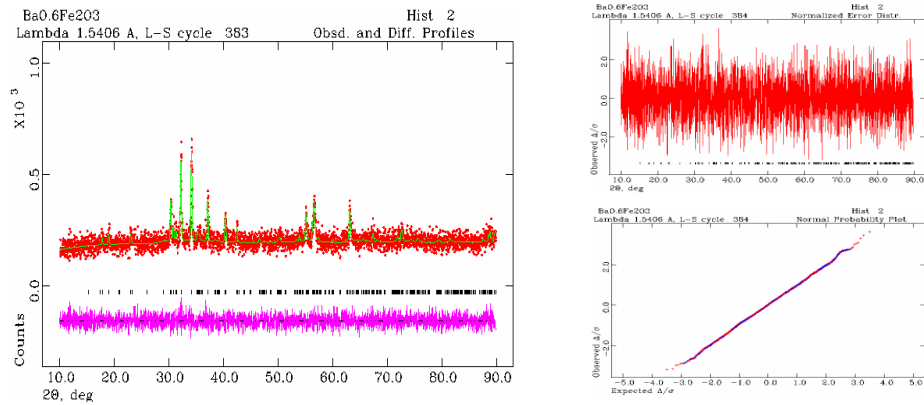
Analisis Fasa Bahan Magnetik Sistem $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ ($0 < x < 0,7$)



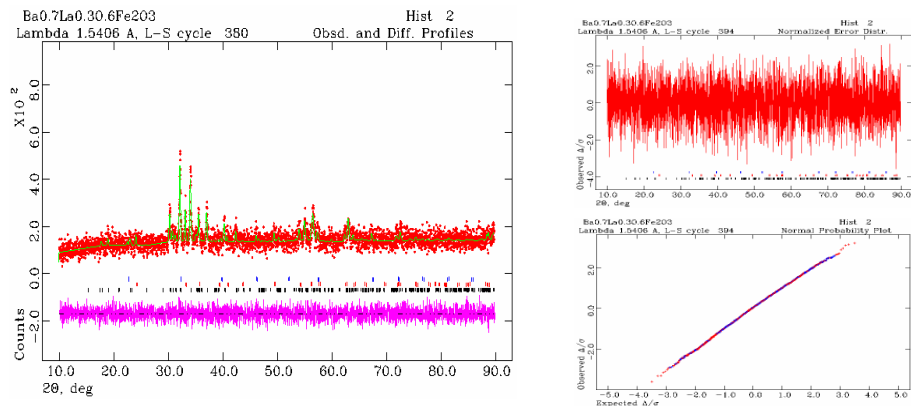
Gambar 2. Hasil identifikasi fasa sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ dimana (a). $x = 0$, (b). $x = 0,3$, (c). $x = 0,5$ dan (d). $x = 0,7$

cocok dan mengikuti kaidah hukum *Bragg* adalah fasa $BaFe_{12}O_{19}$, Fe_2O_3 , dan $LaFeO_3$ yang berturut-turut

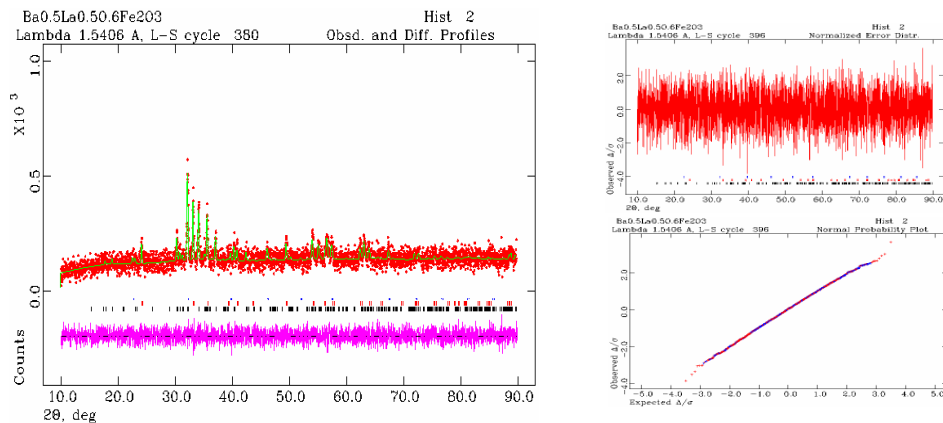
merujuk pada hasil penelitian sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [12-14].



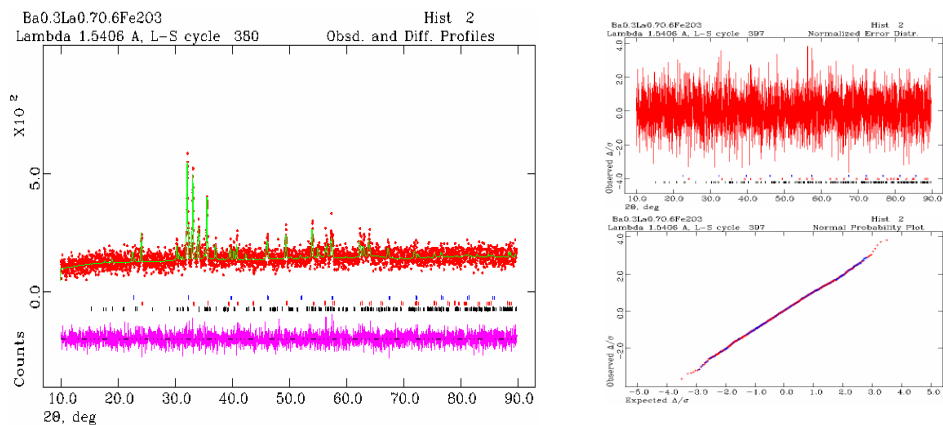
Gambar 3. Refinement pola difraksi sinar-X sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ ($x = 0$)



Gambar 4. Refinement pola difraksi sinar-X sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ ($x = 0,3$)



Gambar 5. Refinement pola difraksi sinar-X sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ ($x = 0,5$)



Gambar 6. Refinement pola difraksi sinar-X sampel $Ba_xLa_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ ($x = 0,7$)

Pada Gambar 2 diperlihatkan bahwa identifikasi fasa yang muncul pada sampel $x = 0$, tampak sampel memiliki kandungan fasa tunggal (*single phase*). Dan setelah ditambahkan unsur Lanthanum muncul puncak-puncak baru, sehingga sampel memiliki kandungan multi fasa. Dan berdasarkan Gambar 2 tersebut dapat diasumsikan bahwa penambahan unsur atau adanya substitusi Lanthanum ke dalam unsur Barium pada akhirnya menghadirkan fasa lain, yaitu fasa $BaFe_{12}O_{19}$, Fe_2O_3 dan $LaFeO_3$.

Untuk itu diperlukan analisis lebih lanjut kandungan fasa di dalam sampel dengan cara menganalisis struktur kristalnya menggunakan perangkat lunak *GSAS (General Structure Analysis System)*. Pada Gambar 3 ditunjukkan hasil *refinement* pola difraksi sinar-X sampel $x = 0$.

Sedangkan nilai parameter struktur, faktor R dan *goodness of fit* (χ^2) pada sampel $x = 0,3$; $x = 0,5$ dan $x = 0,7$ ditunjukkan pada Tabel 2.

Dengan demikian dengan adanya substitusi Lanthanum ke dalam barium pada sistem *Barium heksaferite*, mengakibatkan terbentuknya sebuah komposit. Hal ini diduga terjadi ketidakseimbangan reaksi akibat substitusi Lanthanum ke dalam Barium pada sistem *barium heksaferite*. Pada Tabel 2 diperlihatkan bahwa kerapatan atomik fasa $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$ tampak semakin mengecil dari komposisi $x = 0$ ke $x = 0,3$ dan kerapatan atomik selanjutnya tidak berubah secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa diduga atom-atom Lanthanum telah berhasil mensubstitusi sebagian atom barium, karena ukuran jari-jari atom Lanthanum ($2,74 \text{ \AA}$) lebih kecil dibandingkan jari-jari atom barium ($2,78 \text{ \AA}$).

Namun kemampuan hunian atom Barium yang berhasil tersubstitusi diduga hanya mampu sampai pada batas X tertentu dan selebihnya atom Lanthanum telah membentuk fasa lain yaitu $LaFeO_3$. Hasil ini terbukti berdasarkan hasil perhitungan fraksi massa pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan jumlah

Tabel 1. Parameter struktur, factor R dan *goodness of fit* (χ^2).

Fasa $BaFe_{12}O_{19}$ (referensi Obradors [9])	
Grup ruang (space group) : P 63/m m c (194), Sistem kristal : Hexagonal	
$a = 5,8908(7) \text{ \AA}$, $b = 5,8908(7) \text{ \AA}$ dan $c = 23,201(4) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$	
$V = 697,2(2) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,172 \text{ gr.cm}^{-3}$	
Factor R	$\frac{wRp}{Rp} = 4,16$ χ^2 (chi-squared) = 1,097
	$Rp = 3,31$

Tabel 2. Parameter struktur, factor R dan goodness of fit (χ^2).

Sampel x = 0,3		
Fasa $BaFe_{12}O_{19}$ (referensi Obradors [12])		
Grup ruang (space group) : P 63/m m c (194), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,892(1) \text{ \AA}$, $b = 5,892(1) \text{ \AA}$ dan $c = 23,186(7) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 697,1(3) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,066 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa Fe_2O_3 (referensi Blake [13])		
Grup ruang (space group) : R -3 c (167), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,038(2) \text{ \AA}$, $b = 5,038(2) \text{ \AA}$ dan $c = 13,740(9) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 302,0(4) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,267 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa $LaFeO_3$ (referensi Mcmurdie [14])		
Grup ruang (space group) : P m 3 m (221), Sistem kristal : Cubic		
$a = 3,925(4) \text{ \AA}$, $b = 3,925(4) \text{ \AA}$ dan $c = 3,925(4) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
$V = 60,5(1) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 6,663 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Factor R	$\frac{wRp = 4,33}{Rp = 3,47}$	χ^2 (chi-squared) = 1,015
Sampel x = 0,5		
Fasa $BaFe_{12}O_{19}$ (referensi Obradors [12])		
Grup ruang (space group) : P 63/m m c (194), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,886(7) \text{ \AA}$, $b = 5,886(7) \text{ \AA}$ dan $c = 23,168(8) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 697,3(4) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,062 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa Fe_2O_3 (referensi Blake [13])		
Grup ruang (space group) : R -3 c (167), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,037(1) \text{ \AA}$, $b = 5,037(1) \text{ \AA}$ dan $c = 13,745(5) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 302,0(2) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,266 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa $LaFeO_3$ (referensi Mcmurdie [14])		
Grup ruang (space group) : P m 3 m (221), Sistem kristal : Cubic		
$a = 3,926(3) \text{ \AA}$, $b = 3,926(3) \text{ \AA}$ dan $c = 3,926(3) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
$V = 60,6(1) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 6,643 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Factor R	$\frac{wRp = 4,17}{Rp = 3,34}$	χ^2 (chi-squared) = 1,087
Sampel x = 0,7		
Fasa $BaFe_{12}O_{19}$ (referensi Obradors [12])		
Grup ruang (space group) : P 63/m m c (194), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,890(2) \text{ \AA}$, $b = 5,890(2) \text{ \AA}$ dan $c = 23,20(1) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 697,4(6) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,063 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa Fe_2O_3 (referensi Blake [13])		
Grup ruang (space group) : R -3 c (167), Sistem kristal : Hexagonal		
$a = 5,0343(9) \text{ \AA}$, $b = 5,0343(9) \text{ \AA}$ dan $c = 13,744(3) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$		
$V = 301,6(1) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 5,274 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Fasa $LaFeO_3$ (referensi Mcmurdie [14])		
Grup ruang (space group) : P m 3 m (221), Sistem kristal : Cubic		
$a = 3,928(1) \text{ \AA}$, $b = 3,928(1) \text{ \AA}$ dan $c = 3,928(1) \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
$V = 60,63(6) \text{ \AA}^3$ dan $\rho = 6,648 \text{ gr.cm}^{-3}$		
Factor R	$\frac{wRp = 4,39}{Rp = 3,51}$	χ^2 (chi-squared) = 1,018

atom Lanthanum selanjutnya mengakibatkan fraksi massa fasa $LaFeO_3$ semakin meningkat. Sehingga dengan jumlah atom Barium yang tersedia mengakibatkan keseimbangan reaksi pada komposisi $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$ akan menyisakan

Tabel 3. Fraksi massa masing-masing sampel

x	Fasa	Fraksi Massa (%)
0	$BaFe_{12}O_{19}$	100
	$Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$	42.13
0.3	Fe_2O_3	48.14
	$LaFeO_3$	9.73
0.5	$Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$	22.01
	Fe_2O_3	62.48
0.7	$LaFeO_3$	15.51
	$Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$	10.23
0.7	Fe_2O_3	71.41
	$LaFeO_3$	18.37

sejumlah atom Fe membentuk fasa Fe_2O_3 . Pengaruh penambahan atau substitusi Lanthanum ke dalam atom barium terhadap komposisi $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$ perlu dianalisis lebih lanjut.

Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil analisis distribusi kationik atom Lanthanum yang berhasil mensubstitusi atom Barium. Dan berdasarkan analisis distribusi kationiknya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa distribusi kationik dari atom Lanthanum yang berhasil mensubstitusi atom Barium hanya berkisar $x \sim 0,2$ pada sistem $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$.

Hasil analisis dari distribusi kationik ini bersesuaian dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang telah mensubstitusi ion Ba^{2+} dengan kombinasi ion divalen Ca^{2+} pada bahan magnet sistem $Ba_{1-x}M_xO_6Fe_2O_3$ [9]. Substitusi Ca ke dalam Ba hanya mampu sampai pada batas $x \sim 0,25$ dan

Tabel 4. Distribusi Kationik pada sistem $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$.

x	Fasa	Ba (% atomik)	La (% atomik)	La sisa (% atomik)
0	BaFe ₁₂ O ₁₉	100	0	0
0.3	Ba _{0,7} La _{0,3} Fe ₁₂ O ₁₉	80.10	19.90	10.10
0.5	Ba _{0,5} La _{0,5} Fe ₁₂ O ₁₉	79.29	20.71	29.29
0.7	Ba _{0,3} La _{0,7} Fe ₁₂ O ₁₉	78.90	21.10	48.90

selebihnya dapat menghadirkan fasa lain. Sedangkan substitusi La ke dalam Ba hanya mampu sampai pada batas $x \sim 0,2$ dan selebihnya juga dapat menghadirkan fasa lain. Hal ini disebabkan bahwa jari-jari atom Ca sebesar 2,33 Å jauh lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari atom La sebesar 2,74 Å, sehingga dengan batas maksimum substitusi ini sebagai fungsi x akan menghasilkan volume total dari kedua substitusi ini mendekati sama.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dipahami karakteristik substitusi atom lanthanum ke dalam atom barium pada sistem $Ba_{(1-x)}La_xFe_{12}O_{19}$. Berdasarkan hasil analisis difraksi sinar-X menunjukkan bahwa hasil refinement pola difraksi sinar-X menunjukkan bahwa sampel dengan substitusi lanthanum sebesar $x = 0,3; 0,5$ dan $0,7$ terdiri dari tiga fasa, yaitu fasa BaFe₁₂O₁₉ yang memiliki struktur heksagonal (P63/mmc) dengan parameter kisi $a = b = 5,929$ Å dan $c = 23,413$ Å, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$, fasa Fe₂O₃ yang memiliki struktur heksagonal (R -3 c) dengan parameter kisi $a = b = 5,0347$ Å dan $c = 13,7473$ Å, $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$, dan fasa LaFeO₃ yang memiliki struktur cubic (Pm3m) dengan parameter kisi $a = b = c = 3,926$ Å, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Disimpulkan bahwa kemampuan substitusi atom lanthanum ke dalam atom barium pada sistem ini hanya sampai pada batas $x \sim 0,2$ membentuk struktur Ba_{0,8}La_{0,2}Fe₁₂O₁₉. Penambahan unsur barium selanjutnya $x > 0,2$ akan membentuk tiga fasa yaitu Ba_{0,8}La_{0,2}Fe₁₂O₁₉, Fe₂O₃ dan LaFeO₃.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Riset Insentif Sinas, Kementerian Riset dan Teknologi, Pengembangan Teknologi Pengolahan Sumber Daya Pasir Besi Ilmenit Menjadi Produk Besi/ Baja, Pigmen, Bahan Keramik, Kosmetik, dan Fotokatalistik dalam Mendukung Industri Nasional, Dr. Nurul Taufiqu Rochman, M. Eng, PhD.

DAFTAR ACUAN

- [1]. ESTEVEZ RAMS, E., MARTINEZ GARCIA, R., REGUERA, E., MONTIEL, SANCHEZ, E. and MADEIRA, H. Y., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **33** (2000) 2708-2715
- [2]. JOONGHOEDHO, E.K. LEE, J.Y. PARK, N.H. HUR, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **285** (2005) 164-168
- [3]. R. NOWOSIELSKI, R. BABILAS, G. DERCZ, L. PAJK, J. WRONA, *Archives of Materials Science and Engineering*, **28** (12) (2007) 735-742
- [4]. BIN YU, LU QI, HUI SUN, JIAN-ZHONG YE, *J. Mater. Sci.*, **42** (2007) 3783-3788
- [5]. ALEXANDRE R. BUENOA, MARIA L. GREGORIB, MARIA C.S. NO' BREGAC, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **320** (2008) 864-870
- [6]. ZHANG, H., YAO, X., WU, M., ZHANG, L., *British Cer. Transc.*, **102** (2003) 01-10
- [7]. LI, X.C., GONG, R., FENG, Z., YAN, J., SHEN, X., HE, H., *J. Am. Ceram. Soc.*, **89** (4) (2006) 1450-1452
- [8]. ZHOU, K. S., H. XIA, K.-L. HUANG, L.-W. DENG, D. WANG, Y.-P. ZHOU, S.-H. GAO, *Physica B*, **404** (2009) 175-179
- [9]. A. GONZÁLEZ-ANGELES, J. LIPKA, A. GRUSKOVÁ, J. SLÁMA, V. JANČARIK and V. SLUGEN, *Journal of Physics: Conference Series*, **217** (2010) 012137
- [10]. BABU V., PADAIKATHAN P., *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **241** (2002) 85-88
- [11]. IZUMI, F., A Rietveld-Refinement Program RIETAN-94 for Angle-Dispersive X-Ray and Neutron Powder Diffraction, *National Institute for Research in Inorganic Materials 1-1 Namiki, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan, Revised on June 22, (1996)*
- [12]. OBRADORS X., COLLOMB A., PERNET M., SAMARAS D., JOUBERT J. C., *Journal of Solid State Chemistry*, **56** (1985) 171-181
- [13]. BLAKE R. L., HESSEVICK R. E., ZOLTAI T., FINGER L. W., *American Mineralogist*, **51** (1966) 123-129
- [14]. MCMURDIE, H., MORRIS, M., EVANS, E., PARETZKIN, B., WONG-NG, W., HUBBARD, C., *Powder Diffraction 1*, **269** (1986)