

Pengaruh Substitusi Lantanum (La) Pada Berbagai Variasi Terhadap Material $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ Dengan Proses Mixing

Sri Wuryanti^a, Azwar Manaf^b

^a Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : sriwuryanti.lamda@gmail.com

^b Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, UI
E-mail: azwar@fisika.ui.ac.id

ABSTRAK

Barium heksaferit ($\text{BaO.6Fe}_2\text{O}_3$) adalah salah satu magnet keramik yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembuatan film tipis ataupun berbagai perangkat listrik yang berbasis teknologi nano. Dalam penelitian ini akan dibuat barium heksaferit dengan substitusi lantanum pada berbagai variasi $x = 0,25; 0,5; \text{ dan } 0,75$. Sebagai bahan baku pepaduan mekanik digunakan campuran BaCO_3 , La_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Serbuk yang dihasilkan ditambah alkohol kemudian diaduk agar diperoleh serbuk yang homogen. Hasil pencampuran dipress dan disinter pada temperatur 1100°C untuk mendapatkan karakteristik dari $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$. Karakterisasi dilakukan dengan perangkat XRD dan Permagrap. Hasil pengujian dengan XRD diperoleh puncak tertinggi pada sudut $32,3^\circ$ untuk substitusi lantanum $x = 0,25$, kerapatan massa sebesar $7,5693 \text{ g/cm}^3$ pada substitusi lantanum $x = 0,75$ dan keberhasilan substitusi La tertinggi dengan $x = 0,50$. Sedangkan pada pengujian permagrap dihasilkan sifat induksi remanen, hasil energi maximum dan sifat koersivitas tertinggi untuk substitusi lantanum dengan $x = 0,25$.

Kata Kunci

Barium hexaferit, BaCO_3 , La_2O_3 , Fe_2O_3 , $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, lantanum

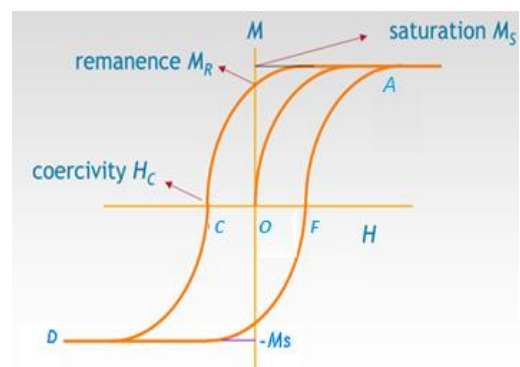
1. PENDAHULUAN

Magnet permanen ferit dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu magnet keramik-*selfbonded* dan magnet dengan agen (pengikat). Salah satu jenis ferit yang laku secara komersial adalah Barium hexaferit ($\text{BaO.6Fe}_2\text{O}_3$) dan Stronsium hexaferit ($\text{SrO.6Fe}_2\text{O}_3$). Serbuk ferit jenis ini dapat disintesis dengan cara mencampurkan Fe_2O_3 dengan BaCO_3 atau SrCO_3 , selanjutnya dipanaskan pada temperatur sekitar 1100°C . Proses pemanasan tersebut lazim dinamakan proses kalsinasi [1].

Karakterisasi bahan hasil substitusi yang akan dilakukan meliputi:

- Karakterisasi dengan pengukuran kurva histerisis magnetik untuk menentukan besaran remanensi (B_r), koersivitas (H_c), energi hasil maksimum (BH_{maks}), yang berguna untuk menentukan golongan bahan magnetik apakah termasuk *soft magnetic* atau *hardmagnetic* [2]. Besarnya sifat magnet suatu bahan dapat diketahui melalui kurva histerisis seperti pada Gambar 1. Proses kontinu akan mencapai titik saturasi (M_s). Pada saat H berharga 0 maka induksi magnet M akan mempunyai harga M_R (induksi magnet remanen). Untuk mengembalikan M menjadi 0 diperlukan medan negatif $-H_c$ (gaya koersivitas) di titik C. Jika medan magnet diturunkan terus maka akan dicapai titik induksi magnet jenuh negatif ($-M_s$) pada titik D. Jika medan negatif H dibalik, maka kurva akan mengikuti garis CDFA, sampai mencapai harga M_s lagi, sehingga

diperoleh kurva histerisis.



Gambar 1: Kurva histerisis

Metode XRD, untuk mengetahui struktur kristal hasil substitusi [3]. Pola hamburan (difraksi) sinar-X merupakan karakteristik masing-masing senyawa yang tidak tergantung satu sama lain. Panjang gelombang sinar-X yang digunakan untuk *X-ray Diffraction* (XRD) berkisar antara $0,5 - 2,5 \text{ \AA}$. Ketika radiasi sinar-X ditembakkan pada suatu material akan terjadi interaksi antara radiasi dengan elektron di dalam atom. Jika atom tersusun teratur dan jarak antara atom mempunyai *magnitude* panjang gelombang sinar-X yang sama, maka akan terjadi interferensi yang saling memperkuat atau memperlemah. Difraktometer sinar-X terdiri dari sumber sinar-X,

pemegang sampel, goniometer, dan detektor. *Goniometer* adalah alat yang bisa memutar posisi detektor mengelilingi sampel, detektor bergerak pada sudut $10 - 40^\circ$ (atau sudut $2020 - 80^\circ$) dan mengukur intensitas sinar-X yang didifraksikan pada sudut tersebut.

Hasil pengukuran adalah pola difraksi intensitas terhadap sudut 2θ . Puncak-puncak yang terdeteksi mengandung informasi mengenai unsur, fasa, dan komposisi yang sangat bermanfaat bagi indentifikasi struktur kristal (lihat Tabel 1).

2. METODE PENELITIAN

Tahap-tahap metode penelitian adalah sebagai berikut:

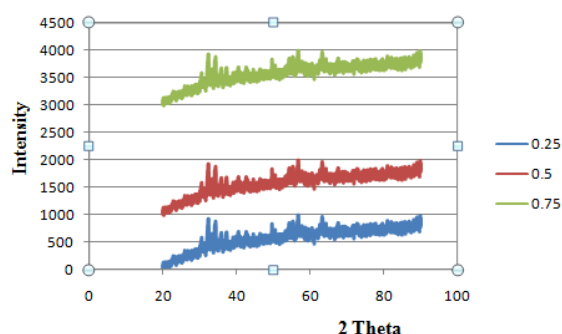
- Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ dengan substitusi lanthanum [4] dimulai dengan pencampuran bahan baku $BaCO_3$ ditambah dengan La_2O_3 , dan Fe_2O_3 , proses pengadukan di dalam ultrasonic dengan perbandingan massa 5 gr dan alkohol 70% sebanyak 200 ml selama 10 menit, proses pengeringan di dalam oven pada suhu $70^\circ C$, pembuatan sampel uji dengan meletakkan sampel pada pipa PVC $\frac{1}{2}$ in kemudian dipress pada tekanan 400 kg/cm^2 , proses sintering pada suhu $1200^\circ C$, dan dilakukan pengujian.
- Pengujian $Ba_{1-x}La_xO_6Fe_2O_3$ dilakukan dengan variable $x = 0.25; 0.5$ dan 0.75 menggunakan perangkat XRD dan Permagrap.
- Hasil dari pengujian untuk XRD dianalisa dengan GSAS [5], sedangkan hasil pengujian permagrap dibuat grafik menggunakan excel [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

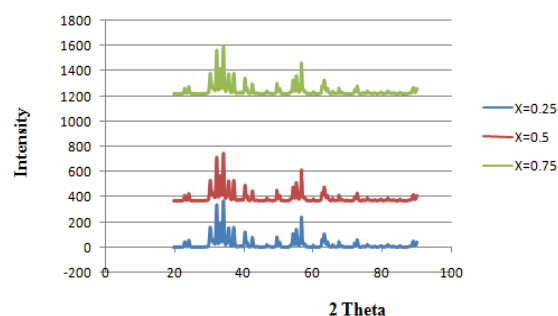
Dari pengujian dengan XRD diperoleh data dengan pola difraksi seperti yang terlihat pada Gambar 2. Dari pola difraksi di atas dianalisa dengan GSAS dan diperoleh puncak-puncak difraksi seperti yang terlihat pada Gambar 3. Dari analisa GSAS menunjukkan keberhasilan yang ditunjukkan dengan *reduced chi* dalam rentang $1 \leq \chi^2 \leq 1,3$ dan $wRp < 15\%$ [7], seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Untuk $x = 0,25$ diperoleh fasa 1 adalah $Ba_{0,512}Fe_{12}O_{19}La_{0,488}$, fasa 2 adalah Fe_2O_3 , disini menunjukkan terjadi substitusi La sebesar 0,138 (55,2 %). Untuk $x = 0,5$ diperoleh fasa 1 adalah $Ba_{0,2017}Fe_{12}O_{19}La_{0,7983}$, fasa 2 adalah Fe_2O_3 disini menunjukkan terjadi substitusi La [8] sebesar 0,2983 (59,66%). Untuk $x = 0,75$ diperoleh fasa 1 $Ba_{0,1}Fe_{12}O_{19}La_{0,9}$, fasa 2 $Fe_6O_{18}La_3$, dan fasa 3 adalah La_2O_3 disini menunjukkan terjadi substitusi

Untuk $Ba_{0,5}La_{0,5}O_6Fe_2O_3$ puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut $32,12^\circ$; $34,08^\circ$ dan $54,10^\circ$ dan kerapatan massa $5,2910 \text{ g/cm}^3$. Untuk $Ba_{0,25}La_{0,75}O_6Fe_2O_3$ puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut $32,21^\circ$; $33,23^\circ$ dan $35,69^\circ$ dan kerapatan massa $7,708 \text{ g/cm}^3$. Jadi kerapatan untuk material yang paling baik adalah dengan nilai ρ tertinggi adalah substitusi lantanum $x = 0,75$ dan keberhasilan substitusi tertinggi pada $x = 0,5$. Namun substitusi ini tidak seperti yang diharapkan ($< 60\%$).

Substitusi tersebut tidak terpenuhi disebabkan oleh tidak tercapainya campuran yang homogen. Hal ini terlihat dari hasil GSAS masih adanya komposisi senyawa lain yakni pada $x = 0,25$ terdapat fasa Fe_2O_3 sebesar 27,788%, pada $x = 0,5$ terdapat fasa Fe_2O_3 32,365% dan pada $x = 0,75$ terdapat 2 fasa lain yakni $Fe_6O_{18}La_3$, sebesar 52,396% dan fasa La_2O_3 sebesar 17,363%. Penyebab ketidak-homogennya adalah waktu pencampuran hanya dilakukan satu waktu yakni hanya 10 menit dan temperatur $1100^\circ C$. Seharusnya dilakukan variasi waktu pencampuran dan proses pemanasan sehingga didapatkan pencampuran yang optimum [9].

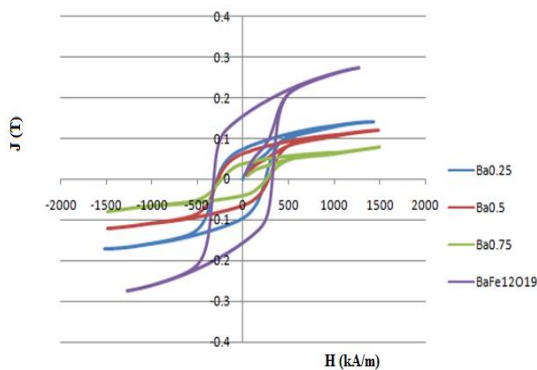


Gambar 2: Pola difraksi



Gambar 3: Puncak-puncak Difraksi

La sebesar 0,15 (20%) pada fasa 1 dan 0,5 pada fasa 2. Sedangkan dari Gambar 3 untuk $Ba_{0,75}La_{0,25}O_6Fe_2O_3$ puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut $32,3^\circ$; $56,64^\circ$ dan $63,35^\circ$ dan kerapatan massa $5,2849 \text{ g/cm}^3$.



Gambar 4: Kurva Histeresis $\text{Ba}_{0.75}\text{La}_{0.25}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Ba}_{0.25}\text{La}_{0.75}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ dan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Tabel 1: Hasil GSAS

NoParameter	$\text{Ba}_{0.75}\text{La}_{0.25}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Ba}_{0.25}\text{La}_{0.75}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$
1 Space Group			
Phasa 1	P 63/m m c	P 63/m m c	P 63/m m c
Phasa 2	R -3 c H	R -3 c H	R -3 c H
Phasa 3	-	-	P 3 2 1
2 Parameter kisi			
Phasa 1	a=5,893363 b=5,893363 c=23,213787	a=5,892 b=5,892 c=23,183001	a=5,885836 b=5,885836 c=23,196793
Phasa 2	a=5,037525 b=5,037525 c=13,732824	a=5,0355 b=5,0355 c=13,7471	a=5,036232 b=5,036232 c=13,742011
Phasa 3	-	1,033	a=3,93 b=3,93 c=6,12
3 Reduced chi	1,287	4,36 %	1,3
4 wRp	4,24 %		4,48%
5 Komposisi		64,638%	30,241%
Phasa 1	72,212 %	35,362%	52,396%
Phasa 2	27,788%	-	17,363%
Phasa 3	-		
6 Densitas			
Phasa 1	5,290 g/cm ³	5,302 g/cm ³	5,311 g/cm ³
Phasa 2	5,272 g/cm ³	5,271 g/cm ³	5,720 g/cm ³
Phasa 3	-	-	17,880 g/cm ³
Total	5,2849 g/cm ³	5,2910 g/cm ³	7,708 g/cm ³
7 Puncak difraksi pada sudut	32,3°;56,64°;63,35°	32,12°; 34,08°;54,10°	32,21°;33,23°; 35,69°

Dari pengujian dengan permagrap diperoleh kurva histeresis dengan menggunakan excel seperti terlihat pada Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk $\text{Ba}_{0.75}\text{La}_{0.25}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ diperoleh induksi remanen (Br) sebesar 0,074 T, koersivitas 283,7 kA/m dan energi hasil maximum (BH)_{max} 1kJ/m³. Untuk $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ diperoleh induksi remanen (Br) sebesar 0,063T, koersivitas 271,4 kA/m dan energi hasil maximum (BH)_{max} 0,7kJ/m³. Untuk $\text{Ba}_{0.25}\text{La}_{0.75}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ diperoleh induksi remanen (Br) sebesar 0,038T, koersivitas 236,6 kA/m dan energi hasil maximum (BH)_{max} 0,3 kJ/m³. Dibandingkan dengan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan induksi 0.154 T, koersivitas 317,1 kA/m dan Energi hasil maximum 4,2 kJ/m³, hal ini menunjukkan bahwa setelah terjadi substitusi lanthanum sifat magnetisnya berubah menjadi lebih *softmagnetic* [10], jadi substitusi ini sangat penting untuk kebutuhan material yang

lebih lunak. Dan substitusi lanthanum pada x = 0,75 paling lunak.

Jadi dengan variasi substitusi lanthanum, diperoleh substitusi La dengan sifat magnet yang paling keras pada x = 0,25; paling besar keberhasilan substitusi La pada x = 0,5; dan paling tinggi kerapatan massa dan paling keras substitusi La pada x = 0,75.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian XRD dan Permagraph dari $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$ dengan substitusi La bisa disimpulkan sebagai berikut:

- $\text{Ba}_{0.75}\text{La}_{0.25}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$: sifat induksi remanen, energi hasil maximum dan koersivitasnya tertinggi, sedangkan

puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut 32.3°, 56.64°, 63.35°, kerapatan massa terendah dan keberhasilan substitusi lantanum sebesar 55,2%.

- b. $\text{Ba}_{0,5}\text{La}_{0,5}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$: sifat induksi remanen, energi hasil maximum dan koersivitasnya sedang sedangkan puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut 32.12°, 34.08°, 54.10°, kerapatan massa sedang dan keberhasilan substitusi lantanum sebesar 59,66%.
- c. $\text{Ba}_{0,25}\text{La}_{0,75}\text{O.6Fe}_2\text{O}_3$: sifat induksi remanen, energi hasil maximum, dan koersivitas terendah, sedangkan puncak tertinggi diperoleh pada sudut-sudut 32,21°, 33,23° dan 35,69°, kerapatan massa tertinggi dan keberhasilan substitusi lantanum sebesar 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Capraro.S., Berre,M.L.,Chatelon, J.P., Bayard,.B. Joisten,H., Canut,C.,Barbier, D., and Rousseau, J.J. 2004. *Crystallographic Properties of Magnetron Sputtered Barium Ferrite Films*, Materials Science and Engineering B.112(1),19-24.
- [2] Cullity,B.D. and GRAHAM, C.D. 2009. *Introduction to Magnetic Materials* Second Edition, IEEE Press,John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Cullity, B. D. 1998 . *Element of X -ray Diffraction*, Prentice - Hall.
- [4] Pooja Chauhan . 2010 . *Preparation and Characterization of Barium Hexaferrite by Barium Monoferrite*, Thapar University, Patiala, India.
- [5] S. Enzo, G. Fagherazzi , A. Benedetti , S. Polizzi. 1988 . *A Profile – Fitting Procedure for Analysis of Broadened X- ray Diffraction*, J. Appl. Cryst. 21,536-542.
- [6] Stadelmaier, H . H. 2000. *Magnetic Properties Materials* , Materials Science and Engineering A, vol 287, p.138-145
- [7] Nowosielski, R., Babilas,R., and J.Wrona. 2007. *Achievement in Materials and Manufacturing Engineering*, p.207- 210.
- [8] Tran Thi Viet Nga, Nguyen Phuc Duong, And Than Duc Hien. 2010. *Enhancement of Magnetic Properties of La-Substituted Strontium Hexaferrite Particles Prepared by Sol-Gel Route*. Hanoi University of Technology -Vietnam: ITIMS.
- [9] Nowosielski, R., Babilas,R., and J.Wrona. 2007.*Achievement in Materials and Manufacturing Engineering*, p.207-210.
- [10] Stadelmaier, H.H. 2000. *Magnetic Properties Materials*, Materials Science and Engineering A, vol 287, p.138-145.