

## Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Sifat Magnetik, Permittivitas dan Permukaan Komposit $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ ( $x = 0,3$ dan $0,5$ )

Patricius Purwanto \* , Ade Mulyawan dan Yosef Sarwanto

Pusat Sain dan Teknologi Bahan Maju -BATAN,  
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-15413,

\*e-mail: ppurwanto88@gmail.com

### Abstract

Composite of  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  has been made by powder metallurgy techniques.  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  were made with mixing of  $BaCO_3$ ,  $La_2O_3$  and  $Fe_2O_3$  with a specific weight ratio. The materials composite to be made with the technique of powder metallurgy with milling method for 2 hours and heat treatment at 800 °C, 900 °C and 1000 °C for 5 hours. After the heat treatment to be done characterization with using Scanning Electron Microscope ( SEM ) to observe the surface morphology and magnetic properties with Vibrating Sample Magnetometer (VSM) to study the magnetic properties. The composite of  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  show that the magnetic moment and the magnetic field strength decrease with increasing temperature sintering. Permittivity of  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  relatif stable af frequence 1 Hz to 100 kHz. The results of surface morphology is known that the morphology of the granulars of composite  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ , regular grains with increasing temperature of sintering, the spectrum EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) showed some dominant element indicate that is have same phase of analysis and formation composite magnetic. The composite of  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  show that the magnetic moment and the magnetic field strength decrease with increasing temperature sintering

Keywords: Composite  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ , magnetic, pearmittivity, surface.

### PENDAHULUAN

Penelitian bahan magnet yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, meliputi paramter magnet yaitu kuat medan (Hc), momen magnet rیمانen (Mr) dan momen magnet jenuh (Ms). (P. Sebayang & Mulyadi. 2011; A. Katoch et al.2013). Ketidakmurnian fasa pada bahan magnet tergantung pada proses pembuatan dan kehomogenitas fasa dan perlakuan panas ( S.I. Srikrishna Ramya & C.K. Mahadevan.2014).

Bahan magnet ferrite yang terdapat pada besi dalam bentuk oksida besi ( $Fe_2O_3$ )

yang disebut hematite dan magnetite ( $Fe_3O_4$ ). Hematite digunakan sebagai bahan magnet keras, sedangkan magnetite sebagai bahan magnet lunak (M.J. Molaei et al. 2012; A. Singh et al.2010). Efek temperatur sintering terhadap sifat magnet dan struktur kristal serta sifat listrik telah dipelajari (Novizal et al.2014; P. Purwanto et al.2016). Sifat struktur bahan komposit magnet telah dipelajari dan diteliti oleh peneliti untuk mendapat bahan komposit yang dapat menyerap gelombang atau dikenal dengan bahan absorber (A. Singh et al. 2010; N.K. Singh; Sameer Duggal & Gagan Deep Aul.

2014). Untuk mengetahui bahan komposit yang baik, perlu dilakukan penelitian bahan komposit pada permukaan bahan untuk mengetahui morfologi permukaan. Dengan mengetahui morfologi permukaan bahan komposit dapat mengetahui secara visual tentang serapan gelombang serta karakterisasi sifat magnet dan listrik (Priyono & Azwar Manaf. 2010; Ashima et al. 2012).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya, selanjutnya dilakukan pembuatan magnet untuk absorber, digunakan bahan sebagai berikut :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  dan  $\text{La}_2\text{O}_3$ . Dengan perbandingan persen berat didapat komposisi bahan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  dan  $\text{La}_2\text{O}_3$ . Pembuatan magnet untuk absorber anti radar masih banyak dikembangkan, salah satunya adalah komposit  $\text{Ba}_{(2-x)}\text{La}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_5$ .

Pembuatan komposit magnet  $\text{Ba}_{(2-x)}\text{La}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_5$  dengan menggunakan metode metalurgi serbuk. Proses pembuatan bahan magnet meliputi proses preparasi serbuk, *milling*, *sintering*, dan pendinginan lambat. Proses metalurgi serbuk dengan menggunakan *milling* lebih baik dibandingkan penggerusan dengan mortal. Kelebihannya dengan *milling* waktu lebih lama dan diperoleh serbuk lebih homogen.

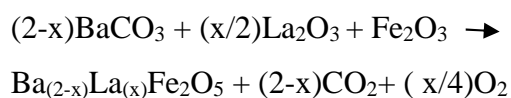
Parameter yang akan diteliti untuk mengetahui sifat bahan magnet dilakukan dengan VSM dan SEM yang mengidentifikasi sifat magnet dan morfologi permukaan. Hasil yang diharapkan dari bahan campuran berupa komposit berbasis bahan magnet yang dapat dimanfaatkan untuk absorber dengan memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan.

## METODE PENELITIAN

### Tata Kerja.

Komposit  $\text{Ba}_{(2-x)}\text{La}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_5$  dibuat dengan metode metalurgi serbuk dengan perbandingan berat. Bahan yang diperlukan sebagai berikut :  $\text{BaCO}_3$  (Aldrich, kemurnian 99,9 %),  $\text{La}_2\text{O}_3$  (Aldrich, kemurnian 99,9 %) dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Aldrich, kemurnian 99,9 %). Perbandingan komposisi berat ditunjukkan pada Tabel 1.

Persamaan kimia untuk pembuatan komposit adalah :



Ketiga bahan tersebut dicampurkan kedalam wadah *Vial* sebanyak 10 gr dan dilakukan *milling* selama 2 jam. Setelah *milling* dipanaskan selama 5 jam pada suhu 800 °C, 900 °C dan 1000 °C didinginkan

dengan lambat. Dilanjutkan dengan pengujian sifat magnetik dan morfologi permukaan. Peralatan yang digunakan yaitu VSM merek OXFORD, LCR-meter merek HIOKI-3523-50 dan SEM merek JEOL-JSM-6510-LA, peralatan ini berada di PSTBM-BATAN.

**Tabel 1. Komposisi  $Ba_{(2-x)}Sr_{(x)}Fe_2O_5$**

X	BaCO <sub>3</sub> (gr)	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (gr)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (gr)
0,3	6,2825	0,8711	2,8463
0,5	5,6326	1,4753	2,8901

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Sifat Magnet $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ .

Gambar 1, menunjukkan hubungan antara momen magnet terhadap kuat medan magnet pada bahan  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  untuk  $x=0,3$  dan  $0,5$ .

Pada gambar 1a, kurva histerisis yang baik yaitu pada suhu sinter  $T_3 = 1000$  °C, sedangkan pada suhu sinter  $T_1 = 800$  °C dan  $T_2=900$  °C belum terbentuk kurva histerisis yang berarti pada  $x=0,3$  pada suhu sinter bahan tersebut bersifat paramagnetik.

Gambar 1b, kurva histerisis sudah terbentuk seiring dengan naiknya suhu sinter, dari kurva histerisis tersebut bahwa momen magnet remanen dan momen

### *Pengaruh Perlakuan Panas terhadap sifat*

magnet jenuh tidak teratur seiring dengan naiknya suhu sinter, sedangkan kuat medan magnet ( $H_c$ ) tidak teratur seiring dengan naiknya suhu sintering. Dari gambar 1(a-b) dihitung nilai momen magnet  $M_s$ ,  $M_r$  dan  $H_c$  yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2, menunjukkan bahwa moment magnetik jenuh ( $M_s$ ) dan momen magnet remanen ( $M_r$ ) serta kuat medan magnet ( $H_c$ ) pada bahan  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  naik naiknya suhu sinter.

**Tabel 2. Parameter  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$**

X	T (°C)	$M_s$ (emu/g)	$M_r$ (emu/g)	$H_c$ (10 k.Oe)
0,3	800	0,263	0,069	0,071
	900	2,526	1,190	0,256
	1000	0,572	0,001	0,009
0,5	800	1,811	0,964	0,235
	900	3,753	2,017	0,283
	1000	2,059	0,609	0,192

### b. Permittivitas $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$

Permittivitas listrik pada bahan komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  turun seiring dengan naiknya frekuensi, ditunjukkan pada Gambar 2. Permittivitas pada komposit pada  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  menggunakan model persamaan :

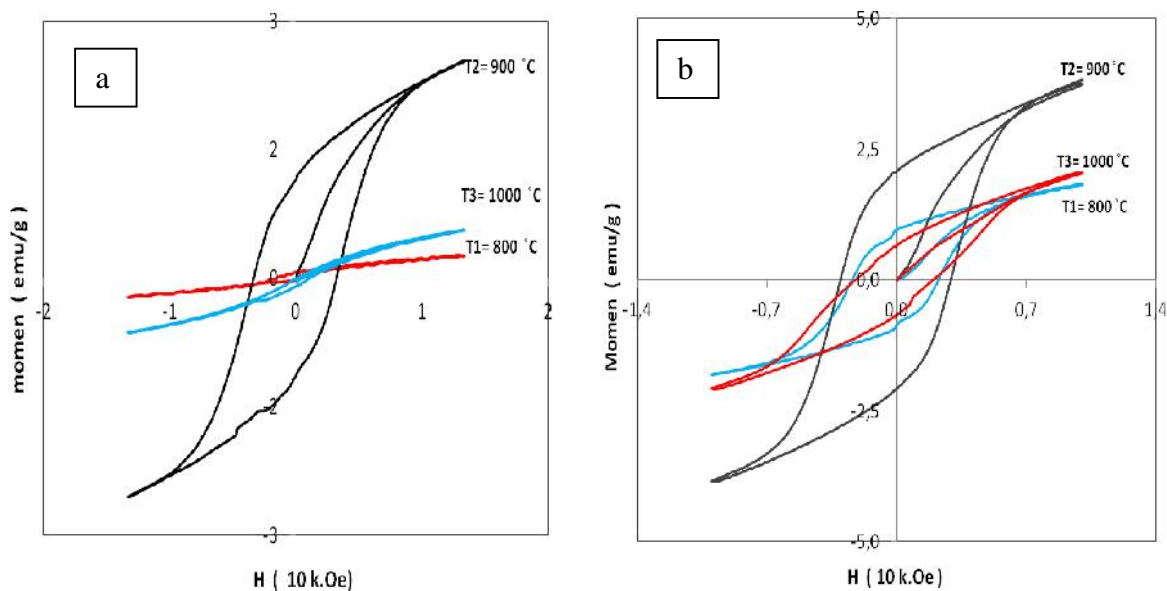
$$= C_p \cdot t / oA$$

dimana:  $C_p$  adalah kapasitan (pF),  $t$  adalah ketebalan sampel dalam cm,  $A$  adalah luas permukaan dalam  $\text{cm}^2$  dan  $\epsilon_0$  adalah permitivitas dalam ruang hampa mempunyai nilai  $8,854 \times 10^{-2}$  pF/cm.

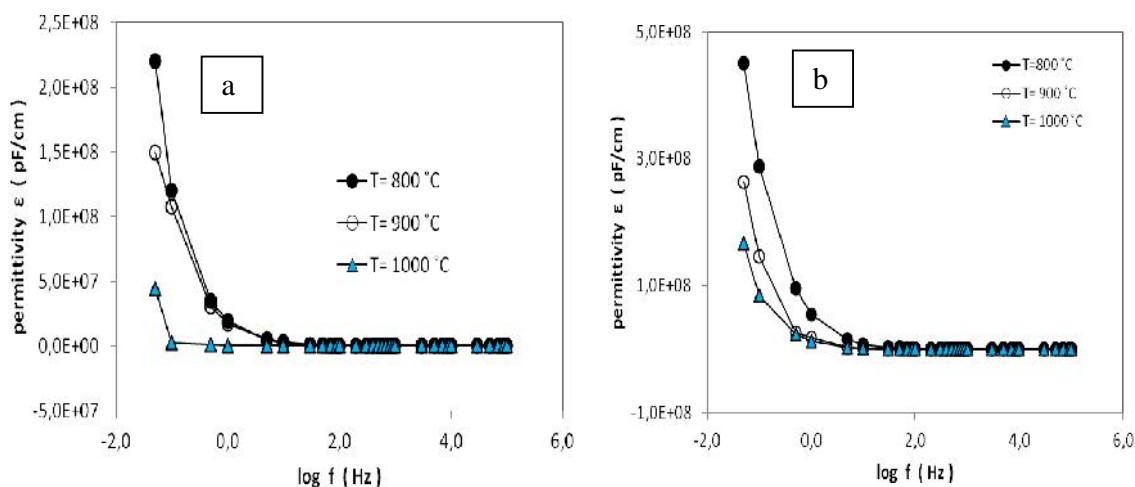
Permitivitas suatu bahan naik dan turun banyak faktor dari percobaan yang telah dilakukan. Menurut (Padma Kumar P, et al.2006), permitivitas pada bahan saling berhubungan dengan kapasitansi dan konduktivitas, sehingga parameter sifat

listrik tergantung banyak faktor seperti interstisi, ukuran ion, suhu, struktur kristal, komposisi dan perubahan fasa.

Kurva permitivitas terhadap frekuensi tampak pada frekuensi dibawah 1 Hz nilai permitivitas tinggi, sedangkan frekuensi diatas 1 Hz permitivitas mempunyai nilai stabil seiring dengan naiknya frekuensi. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2, dengan komposisi yang berbeda ( $x = 0,3$  dan  $x = 0,5$ ).



**Gambar 1.** Hubungan antara momen terhadap kuat medan magnet pada  $\text{Ba}_{(2-x)}\text{La}_{(x)}\text{Fe}_2\text{O}_5$   
 (a)  $x=0,3$  (b)  $x=0,5$



Gambar 2. Permittivitas  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  dengan variasi suhu sinter (a)  $x = 0,3$  (b).  $x = 0,5$ .

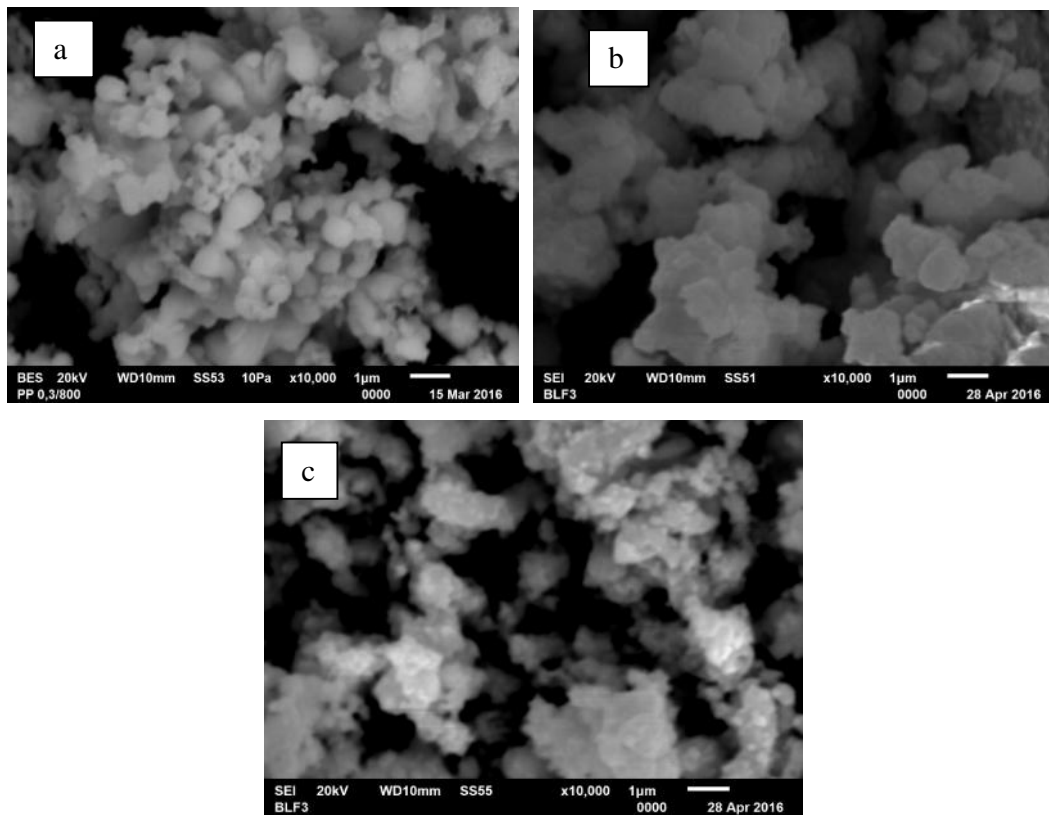
### c. Permukaan $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$

Morfologi permukaan  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  dengan variasi suhu sinter dan komposisi dengan pembesaran 10000 X, diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

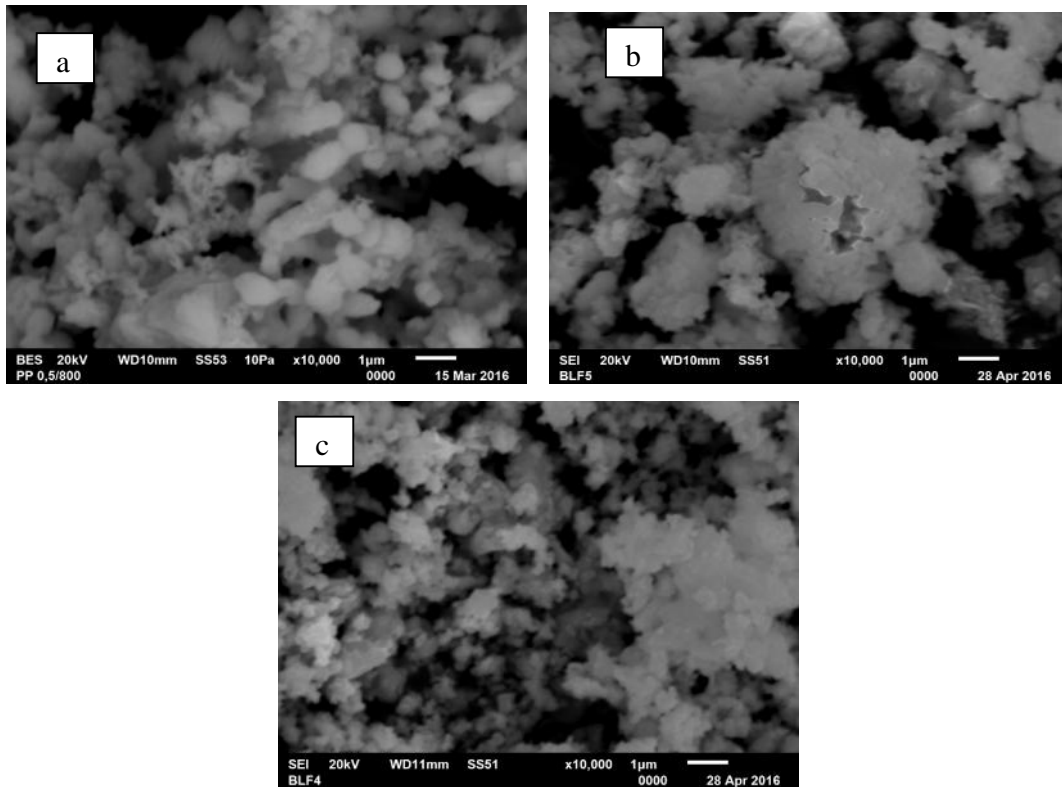
Dari Gambar 3, tampak morfologi permukaan komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  dengan  $x = 0,3$  tampak butiran sudah terbentuk tetapi masih kelihatan rongga

antara butiran. Sedemikian juga pada komposit dengan  $x = 0,5$  morfologi permukaan, tampak terlihat tidak jauh berbeda dengan komposit pada  $x = 0,3$ , ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 3 dan Gambar 4, morfologi permukaan komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ , perbedaan ukuran butiran tidak tampak jelas, sehingga untuk menjelaskan hubungan antara morfologi permukaan dengan sifat kemagnetan dan permittivitas belum dapat dijelaskan secara lebih mendalam.



**Gambar 3.** Morfologi permukaan pada komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  untuk  $x = 0,3$  dengan variasi suhu sinter a).  $T_1 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$  b).  $T_2 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$  c).  $T_3 = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$

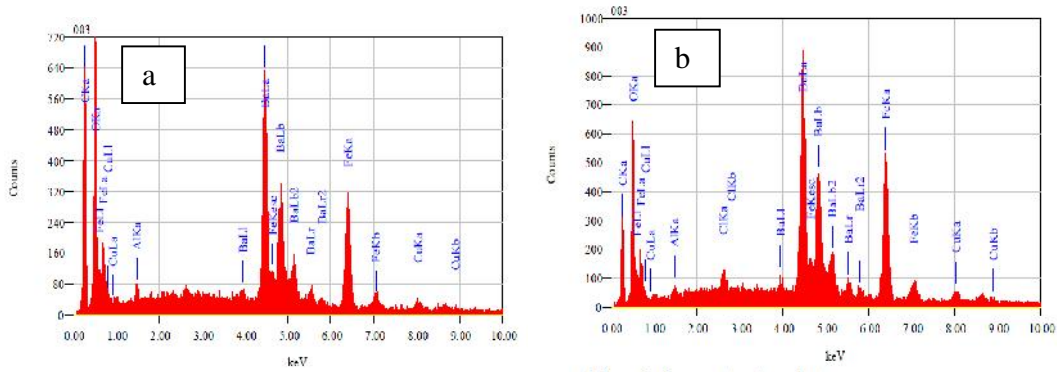


**Gambar 4.** Morfologi permukaan pada komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  untuk  $x = 0,5$  dengan variasi suhu sinter a).  $T_1 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$  b).  $T_2 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$  c).  $T_3 = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$

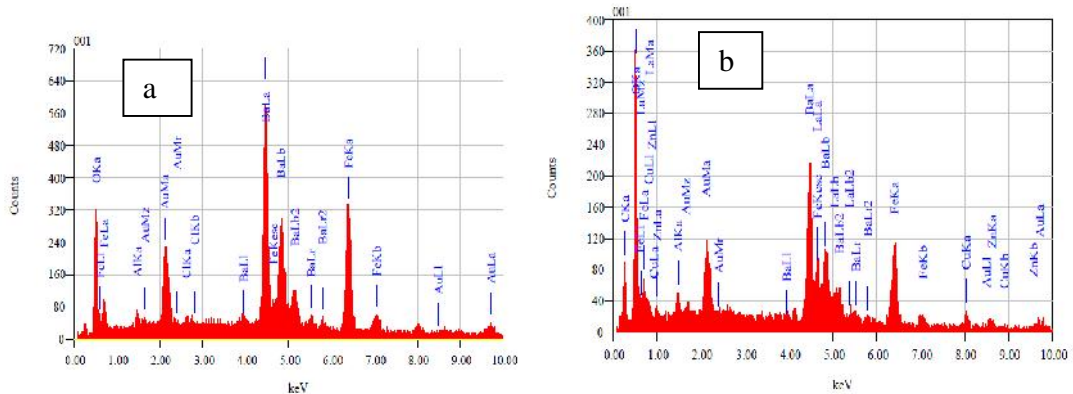
Pada Gambar 5, menunjukkan spektrum EDS pada suhu perlakuan panas (suhu sinter) pada  $T_{\text{sinter}} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $T_{\text{sinter}} = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dari analisis spektrum EDS diperoleh hasil unsur yang terdeteksi yang ditunjukkan pada Tabel 3a dan 3b.

Dari Tabel 3, unsur La tidak terdeteksi pada  $x = 0,3$  dan  $x = 0,5$  pada suhu sinter  $T = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ , sedangkan pada suhu sinter

$1000 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan  $x = 0,5$  yang terdeteksi. Unsur Cu dan Au terdeteksi merupakan sampel holder. Unsur-unsur lain yang terdeteksi merupakan pengotor dalam pembuatan komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$ . Dari hasil pengamatan dengan EDS, sedemikian hingga bahwa pengaruh suhu sinter dan proses pencampuran dengan metode *milling*.



**Gambar 5.** EDS permukaan pada komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  dengan perlakuan panas  $T_{sinter} = 800\text{ }^\circ\text{C}$ , a).  $x = 0,3$  b).  $x = 0,5$



**Gambar 6.** EDS permukaan pada komposit  $Ba_{(2-x)}La_{(x)}Fe_2O_5$  dengan perlakuan panas  $T_{sinter} = 1000\text{ }^\circ\text{C}$ , a).  $x = 0,3$  b).  $x = 0,5$



**Tabel 3a.** Hasil EDS Ba<sub>(2-x)</sub>La<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam % berat, Tsinter = 800 °C.

Unsur	x = 0,3	x = 0,5
O	24,67	16,67
Al	0,64	0,61
Cl	---	0,61
Fe	12,75	21,18
Ba	33,20	44,55
La	---	---
Cu	2,00	2,72
C	26,75	13,66

**Tabel 3b.** Hasil EDS Ba<sub>(2-x)</sub>La<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam % berat, Tsinter = 1000 °C.

Unsur	x = 0,3	x = 0,5
O	12,24	23,50
Al	0,79	0,94
Cl	0,44	---
Fe	22,90	11,01
Ba	49,29	28,35
La	---	13,06
Au	14,33	9,78
Cu	---	2,48
C	---	8,93

### KESIMPULAN

Komposit Ba<sub>(2-x)</sub>La<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> telah dibuat dengan metalurgi serbuk. Hasil pengukuran sifat magnetik komposit Ba<sub>(2-x)</sub>La<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> memperlihatkan bahwa momen magnetik dan kuat medan magnet turun seiring dengan naiknya suhu sinter. Permittivitas

kompositnya relatif stabil pada kisaran frekuensi 1 Hz sampai 100 kHz. Perubahan morfologi permukaan komposit Ba<sub>(2-x)</sub>La<sub>(x)</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> terutama pada butiran tidak signifikan terhadap suhu sinter. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas pada komposit Ba<sub>(2-</sub>

$x$ ) $\text{La}_x\text{Fe}_2\text{O}_5$ . dapat mempengaruhi perubahan pada parameter magnet, bentuk butiran dan morfologi permukaan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada teman-teman di BSBM-PSTBM yang telah membantu dalam penelitian ini. Peneliti mengucapkan terima kasih atas pemakaian alat VSM dan SEM. Peneliti mengucapkan terima kasih atas dukungan dana DIPA-2016.

### DAFTAR PUSTAKA

- A. Katoch, T. Singh, B.S. Sandhu.2013. Influence of Doping of Rare Earth Ion on Structural Electrical and Dielectric Properties of SrM-Hexaferrite. *International Journal of Research in Advant Technology*.1: 456-465.
- Ashima et al. 2012. Rietveld Refinement, electrical Properties and Magnetig Characteristics of Ca-Sr Substituted Barium Hexaferites. *Journal of Alloy and Compounds*.513: 436-444.
- A. Singh et al.2010. Electrical and Magnetic Properties of Rare Earth Substituted Strontium Hexaferrites. *Journal of Ceramic Processing Research*.11: 241-249.
- M.J. Molaei et al. 2012. Synthesis and Characterization of  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  Magntic Nanocomposite. *Powder Technology*.211: 292-295.
- N.K. Singh, Pritam Kumar, Radheshyam Rai. 2011. Comparative Study of Structure, Dielecctric and electrical Behavior of  $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3$  Ceramics and Their Solid Solution With  $\text{BaTiO}_3$ . *Advance Materials Letters*.2: 200-205.
- Novizal, A. Manaf, M. Hikam.2014. Effect of Temperature on  $\text{Ba}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{Fe}_{11.4}\text{Ti}_{0.3}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_{19}$  ( $x=0.3, 0.7$ ) Against Crystallite Size Characterization and Properties of Sof Magnetic. *International Journal of Engineering & Technology*.14 : 88-92.
- Padma Kumar,P., and S. Yashonath. 2006. Ionic conduction in the solid state. *Journal of chemical Science* 118 : 134-154.
- P. Purwanto, W.A. Adi and Yunasfi. 2016. Effect of Heat Treatment on The Crystal Structure, electrical Conductivity and surface of  $\text{Ba}_{(1.5)}\text{Sr}_{(0.5)}\text{Fe}_2\text{O}_5$  Composte. *The 4th International Conference on*

- Advance Material Conference Science and Technology (ICAMST-2016). Malang.*
- P. Sebayang & Mulyadi. 2011. Kajian Struktur Mikro Terhadap Sifat Magnetik pada Magnet Permanen  $Ba_{0.6}Fe_2O_3$ . *Telaah Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*.29 : 55-62.
- Priyono & Azwar Manaf. 2010. Material Magnetik Barium Heksaferit Tipe-M Untuk material Anti Radar Pada Frekuensi S-Band. *Jurnal Sains Materi Indonesia*.11: 75-78.
- Sameer Duggal & Gagan Deep Aul. 2014. Review on Effect of Electric Permittivity and Magnetic Pearbility Over Microwive Absorbing Materials at Low Frequencies. *International Journal of Engineering and Advance Technology*.3: 12-19.
- S.I. Srikrishna Ramya & C.K. Mahadevan.2014. Effect of Calcination on the Electrical Properties and Quantum Confinement of  $Fe_2O_3$  Nanoparticle. *International Journal of Research In Engineering and Technology*.3: 570-573.

