

## PENGARUH UKURAN PARTIKEL TERHADAP SIFAT KEMAGNETAN MATERIAL MAGNET KOMPOSIT $BaFe_{12}O_{19}/\alpha Fe$

Erfan Handoko<sup>1</sup>, Setia Budi<sup>2</sup> dan Bambang Soegijono<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup> Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

Corresponding Author: [erfisika92@gmail.com](mailto:erfisika92@gmail.com)

### Abstrak

Pembentukan material magnet komposit yang terdiri serbuk barium heksaferat,  $BaFe_{12}O_{19}$ , dan serbuk besi BCC,  $\alpha Fe$ , dengan perbandingan 60:40 % berat telah dilakukan. Proses penghalusan ukuran partikel magnet komposit dengan menggunakan planetary ball mill (PBM) dalam suasana toluen selama 30 jam bertujuan untuk meningkatkan sifat kemagnetan. Identifikasi fasa magnet komposit diperoleh hasil pengukuran dengan difraksi sinar-X radiasi  $K\alpha$  Co. Foto morfologi bentuk partikel magnet komposit menggunakan scanning electron microscope (SEM) 5310LV Jeol pada perbesaran 2000 kali. Distribusi ukuran partikel diketahui dengan LS Particle Size Analyzer (PSA) Beckman Coulter dan sifat kemagnetan dianalisis dengan alat Permagraph pada temperatur kamar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa selama penghalusan ukuran partikel material magnet komposit melalui proses milling tidak terjadi dekomposisi fasa, distribusi ukuran serbuk cenderung menurun dengan bertambahnya waktu milling. Pengaruh terhadap sifat kemagnetan material magnet komposit  $BaFe_{12}O_{19}/\alpha Fe$  yang mengalami penurunan magnetisasi sisa atau remanen dari 0,32 T menjadi 0,15 T dan nilai koersivitas magnetik 228,3 kA/m menjadi 42,5 kA/m. Namun nilai magnetisasi saturasi cenderung meningkat dari 0,59 T menjadi 0,80 T.

Kata Kunci : Magnet komposit, ukuran partikel, sifat kemagnetan,  $BaFe_{12}O_{19}/\alpha Fe$ .

### Abstract

The formation of magnetic composite material by combining barium hexaferrite,  $BaFe_{12}O_{19}$ , and  $\alpha Fe$  powder with 60:40 % wt ratio has been investigated. The refinement of particle size of composite magnet by using planetary ball mill (PBM) for 30 hours in toluene atmosphere in order to enhance the magnetic properties. Phase identification of magnetic composite was examined by X-Ray Diffractometer (XRD) Phillips with  $K\alpha Co$  radiation. The morphology of magnetic composite particle was studied using a scanning electron microscope (SEM) 5310LV Jeol. The particle distribution is measured LS Particle Size Analyzer (PSA) Beckman Coulter and the magnetic properties is measured by Permagraph at the room temperature. The results show that in milling process, the phase decomposition is not found, and particle size distribution is decrease. Influence on magnetic properties of magnetic composite material  $BaFe_{12}O_{19}/\alpha Fe$  are decrease remanen ( $M_r$ ) from 0,32 T to 0,15 T and also the coercivity ( $H_c$ ) from 228,3 kA/m to 42,5 kA/m. But the saturation magnetization ( $M_s$ ) increase from 0,59 T to 0,80 T.

Keywords : Composite magnet, particle size, magnetic properties,  $BaFe_{12}O_{19}/\alpha Fe$ .

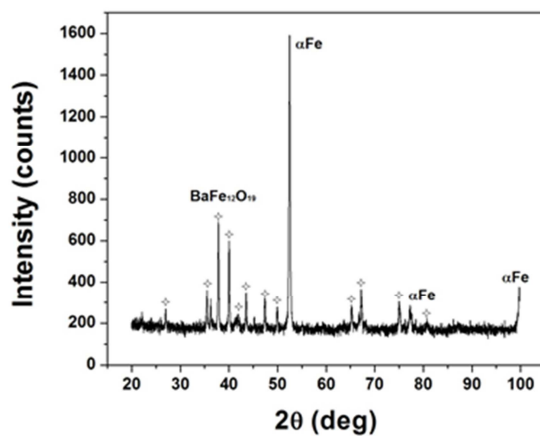
### 1. Pendahuluan

Penelitian dan pengembangan material magnet permanen berbasis sistem keramik  $(Ba,Sr)O_6 Fe_2O_3$  masih terus dilakukan [1,2]. Komposisi sistem barium heksaferat  $BaFe_{12}O_{19}$  dalam aplikasinya sebagai magnet permanen cukup luas digunakan sampai saat ini sejak dipublikasikan oleh Phillips [3]. Material

magnet permanen sistem  $BaFe_{12}O_{19}$  yang jumlahnya pemakaian dalam aplikasi lebih dari 50 % menjadi peluang untuk dikembangkan. Namun demikian magnet permanen tersebut tidak memiliki sifat kemagnetan yang cukup besar dibandingkan dengan jenis magnet logam tanah jarang. Rekayasa struktur  $BaFe_{12}O_{19}$  dengan tujuan meningkatkan sifat

kemagnetan sampai saat ini terus berjalan oleh banyak peneliti [4-8]. Proses preparasi baik itu teknik konvensional seperti *Powder Metallurgy*[9] maupun rekayasa dalam proses pembentukan [10-12] telah mampu menghasilkan sifat kemagnetan ekstrinsik yang optimal. Hal ini menunjukkan bahwa seolah-olah jenis-jenis senyawa magnetik ini menjadi sangat mendesak untuk dikembangkan.

Dalam penelitian telah dilakukan rekayasa struktur magnet barium heksaferat,  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ , dengan tidak merubah komposisi kimianya melainkan mengkombinasikan dengan magnet lunak  $\alpha\text{Fe}$  dan dilanjutkan dengan proses penghalusan ukuran partikel dengan menggunakan proses *milling* dalam suasana toluen. Kombinasi dua jenis material magnet ini disebut magnet komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\alpha\text{Fe}$  tidak terjadi perubahan fasa setelah proses *milling* dan terjadi kenaikan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) yang disebabkan adanya fasa  $\alpha\text{Fe}$ .

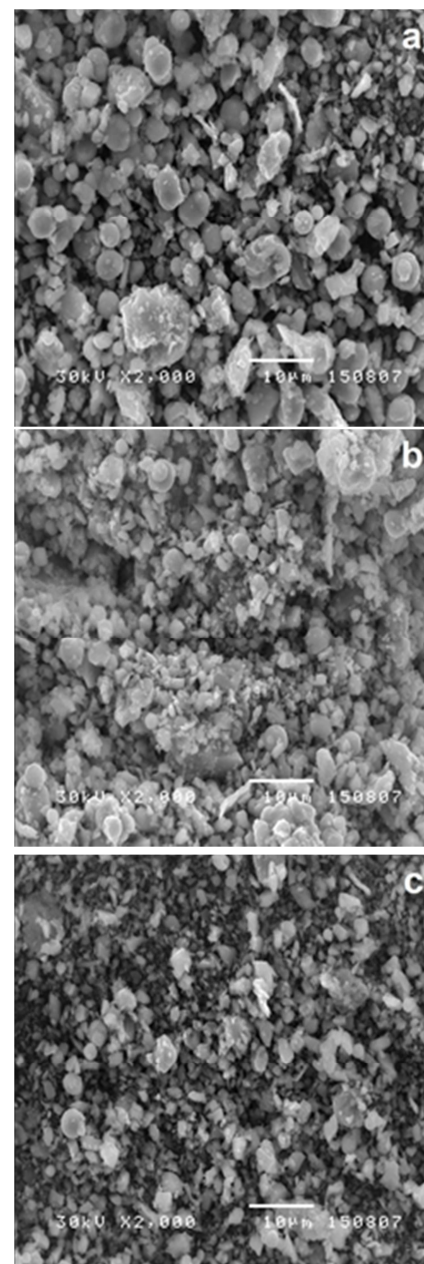


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\alpha\text{Fe}$  setelah proses Milling selama 10 jam.

## 2. Metodologi Penelitian

Material magnet komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\alpha\text{Fe}$  dengan perbandingan berat 60% dan 40 % disiapkan dengan proses *milling* dengan *planetary ball mill* (PBM) selama 30 jam dalam suasana basah cairan toluen. Identifikasi fasa campuran setelah proses *milling* diukur dengan Phillips difraksi sinar-X radiasi Co K $\alpha$  pada interval sudut ( $2\theta$ )  $20^\circ$ - $100^\circ$ . Pengamatan

morfologi partikel hasil *milling* selama 10 jam, 20 jam, dan 30 jam menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) 5310LV Jeol dengan perbesaran 2000 kali. Distribusi ukuran partikel setelah proses *milling* diketahui dengan *LS Particle Size Analyzer* (PSA) *Beckman Coulter*. Kurva histerisis dihasilkan dengan alat Permagraph pada temperatur kamar dan medan magnet luar maksimum 2 T bertujuan untuk mengetahui sifat kemagnetan magnet komposit.



Gambar 2. Foto SEM morfologi struktur mikro magnet komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\alpha\text{Fe}$  setelah milling (a). 10 jam, (b). 20 jam, dan (c) 30 jam.

Tabel 1. Distribusi ukuran partikel magnet komposit BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/αFe setelah milling 10 jam, 20 jam, dan 30 jam.

Waktu Milling (Jam)	Distribusi Ukuran Partikel dalam Fraksi Volume (%)							
	<0.4 μm	<0.6 μm	<1 μm	<2 μm	<6 μm	<10 μm	<20 μm	<40 μm
10	0.36	7.65	21.1	29.1	32.8	46.1	95.7	100
20	0.49	9.79	31.2	45.9	56.6	75.3	93.8	100
30	0.5	10.1	20	20.1	41.9	100	100	100

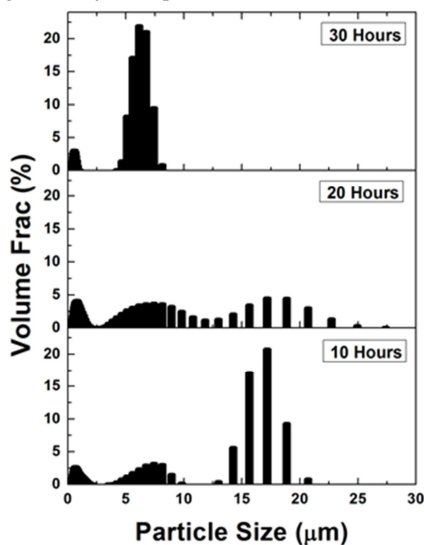
Tabel 2. Perbandingan sifat kemagnetan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan magnet komposit BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/αFe setelah milling 30 jam.

Material Magnet	Sifat Kemagnetan		
	Magnetisasi Saturasi (Ms), T	Remanen (Mr), T	Koersivitas (Hc), kA/m
BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>	0,59	0,32	228,3
BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> /αFe Milling 30 Jam	0,80	0,15	42,5

**3. Hasil dan Pembahasan**

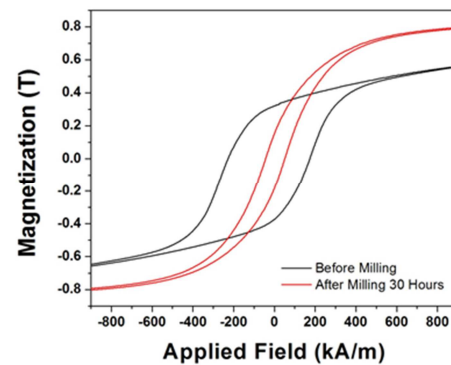
*Identifikasi fasa magnet komposit BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/αFe.*

Material magnet komposit yang merupakan campuran 60 % berat BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan 40 % berat αFe setelah proses *milling* selama 10 jam dilakukan analisis kualitatif dengan difraksi sinar-x. Hasil identifikasi fasa menunjukkan tidak terjadi dekomposisi fasa BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan αFe . Pola difraksi sinar-X magnet komposit setelah proses milling selama 10 jam ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar. 3. Grafik distribusi ukuran partikel magnet komposit BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/αFe setelah milling 10 jam, 20 jam, dan 30 jam.

Pengamatan puncak-puncak difraksi untuk masing-masing fasa memperlihatkan tingginya intensitas puncak dan tidak terjadinya pelebaran puncak secara signifikan. Ini membuktikan struktur kristal masih dipertahankan dan proses *milling* selama 10 jam belum cukup mereduksi ukuran partikel magnet komposit.



Gambar 4. Kurva histerisis material magnet BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> (sebelum Milling) dan komposit BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/αFe setelah milling 30 jam.

*Morfologi dan distribusi ukuran partikel*

Foto SEM memperlihatkan morfologi partikel magnet komposit setelah proses *milling* 10 jam, 20 jam, dan 30 jam pada perbesaran 2000 kali. Partikel magnet komposit dengan ukuran kurang dari 10 μm dan mengalami reduksi ukurannya dengan

bertambahnya waktu *milling* (gambar 2). Gambar 3 merupakan hasil pengukuran distribusi partikel dengan PSA. Distribusi ukuran partikel magnet serbuk dengan variasi waktu *milling* membuktikan telah terjadi reduksi ukuran partikel terutama di interval kurang dari 0,6  $\mu\text{m}$  (tabel 1). Di samping pengaruh *milling* yang menyebabkan terjadinya reduksi ukuran partikel dan bertambahnya luas permukaan partikel, juga adanya *residual stress* menyebabkan kristal dalam keadaan tidak sempurna.

#### Sifat kemagnetan

Gambar 4 adalah perbandingan antara kurva histerisis magnet  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  sebelum proses *milling* dan komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\alpha\text{Fe}$  setelah *milling* selama 30 jam. Tabel 2 menunjukkan nilai sifat kemagnetan yang diturunkan dari kurva histerisis. Pengaruh proses *milling* yang mengakibatkan reduksi ukuran partikel telah menyebabkan terjadi perubahan nilai sifat kemagnetan. Hasil perbandingan antara magnet sebelum dan sesudah *milling* selama 30 jam adalah terjadi penurunan koersivitas magnetik (Hc) dari 228,3 kA/m menjadi 42,5 kA/m dan

magnetisasi sisa atau remanen (Mr) dari 0,32 T menjadi 0,15 T. Sedangkan nilai magnetisasi saturasi (Ms) meningkat sampai 0,80 T dari 0,59 T sebagai pengaruh dari pengecilan ukuran partikel dan juga adanya fasa  $\alpha\text{Fe}$  yang memiliki Ms yang lebih dari 2 T.

#### 4. Kesimpulan

Pembentukan material magnet komposit  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}$  dengan proses *milling* telah berhasil dilakukan. Proses *milling* dengan waktu 30 jam secara signifikan berpengaruh terhadap reduksi ukuran partikel dan mengakibatkan perubahan sifat kemagnetan. Perubahan koersivitas magnetik (Hc) dari 228,3 kA/m menjadi 42,5 kA/m dan remanen (Mr) dari 0,32 T menjadi 0,15 T, serta meningkatnya magnetisasi saturasi (Ms) sampai 0,80 T dari 0,59 T akibat dari pengecilan ukuran partikel dan juga adanya fasa  $\alpha\text{Fe}$  yang memiliki Ms yang lebih dari 2 T.

#### Penghargaan

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Bambang Soegijono, Departemen Fisika Universitas Indonesia atas fasilitas laboratorium fisika material yang mendukung penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] K.H.J. Buschow, Mat. Sci. Reports, 1 (1986), pp 1-64
- [2] H.A. Davies, in Rapidly Quenched Metals III, ed. B.Cantor, 1, the Chameleon Press Ltd, London (1988), pp 8-14
- [3] J.Smit, H.P.J.Wijn, Ferrite, Philips Tech.Lib., Eindhoven, 1960.
- [4] K.S. Martirosyan, E.Galstyan, S.M.Hossain, Yi-Ju Wang, D.Litvinov. Materials Science and Engineering B 176(2011) 8–13
- [5] Jianxun Qiu, Mingyuan Gu. Journal of Alloys and Compounds 415 (2006) 209–212
- [6] Lixi Wang, Qitu Zhang. Journal of Alloys and Compounds 469 (2009) 251–257
- [7] Ping Xu, Xijiang Han, Hongtao Zhao, Zhihua Liang, Jinfu Wang. Materials Letters 62 (2008) 1305-1308
- [8] Erfan Handoko, Iwan Sugiharto, Zulkarnain Jalil, Bambang Soegijono. Jurnal Riset Sain dan Kimia Terapan (JRSKT) Vol. 3. 1 Juli 2013.
- [9] R. Skomski and J.M.D. Coey, IEEE Trans. Magn., 29 (1993), 2860
- [10] V.Berbenni, A.Marini, N.J.Welham, P.Galinetto, M.C.Mozzati. Journal of the European Ceramic Society 23 (2003) 179–187
- [11] Hüseyin Sözeri. Journal of Alloys and Compounds 486 (2009) 809–814
- [12] Ugur Topal, Husnu Ozkan, Huseyin Sozeri. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 284 (2004) 416–422