

MAGNET HIBRIDA $BaFe_{12}O_{19}/Sm_2Co_{17}$: SINTESIS DAN SIFAT KEMAGNETAN

Erfan Handoko¹, Iwan Sugiharto¹, Zulkarnain Jalil², dan Bambang Soegijono³

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta 13220. Indonesia

² Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Indonesia

³ Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok 16424. Indonesia

Corresponding author : erfana@unj.ac.id

Abstrak

Dengan tujuan meningkatkan sifat kemagnetan barium heksaferat, $BaFe_{12}O_{19}$, disintesis magnet hibrida dengan mengkombinasi magnet Sm_2Co_{17} melalui metode mechanical mixing. Proses perlakuan panas terhadap campuran serbuk magnet hibrida dalam suasana gas argon bertujuan untuk menghilangkan residual stress dan kristalisasi serbuk magnet. Analisis struktur kristal diketahui dengan difraksi sinar-X phillips radiasi $K\alpha$ Co. Morfologi serbuk magnet hibrida diamati dengan scanning electron microscope (SEM). Sifat kemagnetan diukur dengan Permagraph pada temperatur kamar dengan medan magnet luar maksimum 2 T. Hasil sintesis magnet hibrida menunjukkan bahwa terbentuk fasa baru dan terjadi penurunan magnetisasi saturasi (Ms) dan nilai magnetisasi sisa (Mr) setelah perlakuan panas. Namun koersivitas (Hc) meningkat dengan nilai maksimum 28,73 kA/m.

Kata Kunci : Magnet hibrida, mechanical mixing, perlakuan panas, koersivitas.

Abstract

In order to enhance the magnetic properties of barium ferrite, $BaFe_{12}O_{19}$, synthesized hybrid magnet by combining Sm_2Co_{17} magnet and prepared by mechanical mixing method. The heat treatment of hybrid magnet powders in an argon gas atmosphere in order to release residual stress and crystallize magnet powders. The analysis of crystal structures was examined by X-Ray Diffractometer (XRD) Phillips with $K\alpha$ Co radiation. Morphology of hybrid magnet was studied using a scanning electron microscope (SEM). The magnetic measurement is carried out by Permagraph at the room temperature with respect to the magnitude the applied field up to 2 T to find magnetic properties of hybrid magnet. The results show that the new phase is found and decrease saturation magnetization (Ms) and also remanent (Mr) after heat treatment. But The coercivity (Hc) is increased with the maximum of 28.73 kA/m.

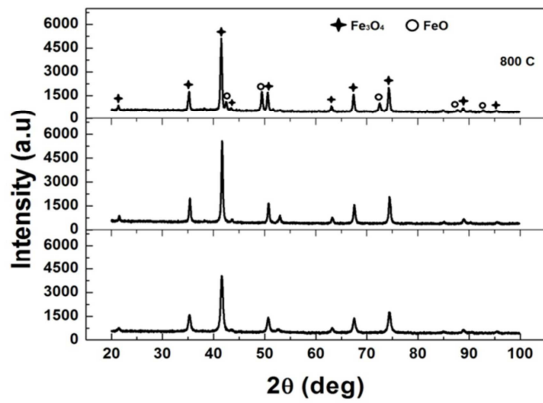
Keywords : Hybrid magnet, mechanical mixing, heat treatment, coercivity.

1. Pendahuluan

Pengembangan material magnet permanen yang berbasis logam tanah jarang (*rare earth*) terutama kaya dengan unsur Fe (*Fe-rich*) dan memiliki sifat kemagnetan unggul masih terus dilakukan oleh banyak peneliti bahan magnet. Demikian juga dengan *alloy* magnetik berbasis logam tanah jarang (*Rare earth*) sistem RE-TM-B [1-5], Sm-Co[6-8] dan tidak terkecuali sistem keramik MO.6 Fe_2O_3 (M=Ba atau Sr)[9-10]. Proses preparasi baik itu teknik konvensional seperti *Powder Metallurgy*[11] maupun teknik modern seperti *Rapid Solidification*[12] telah mampu menghasilkan sifat kemagnetan ekstrinsik yang mencapai 90-

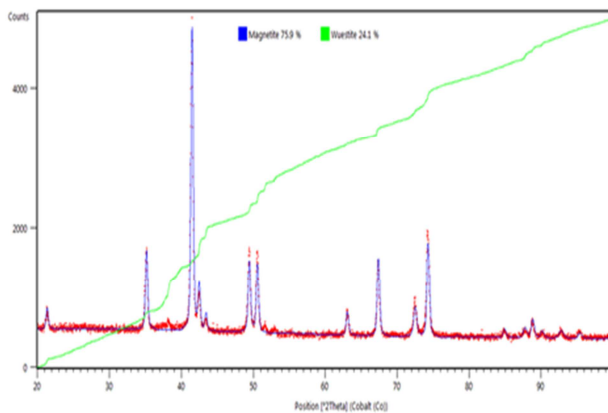
100 % nilai intrinsiknya. Hal ini menunjukkan bahwa seolah-olah jenis-jenis senyawa magnetik baru menjadi sangat mendesak untuk dikembangkan. Material magnet permanen sistem MO.6 Fe_2O_3 yang jumlahnya pemakaian dalam aplikasi lebih dari 50 % menjadi peluang untuk dikembangkan. Namun demikian magnet permanen tersebut tidak memiliki sifat kemagnetan yang cukup besar dibandingkan dengan jenis magnet logam tanah jarang.

Dalam penelitian telah dilakukan rekayasa struktur magnet barium heksaferat, $BaFe_{12}O_{19}$, dengan tidak merubah komposisi kimianya melainkan mengkombinasikan dengan



Gambar 1. Pola difraksi sinar-X magnet hibrida BaFe₁₂O₁₉/Sm₂Co₁₇ setelah perlakuan panas 400°C, 600°C, dan 800°C

magnet berbasis logam tanah jarang samarium kobal Sm₂Co₁₇. Kombinasi dua jenis magnet permanen atau disebut magnet hibrida BaFe₁₂O₁₉/Sm₂Co₁₇ telah terjadi perubahan perubahan fasa setelah proses pencampuran mekanik dan perlakuan panas serta diikuti sifat kemagnetannya.



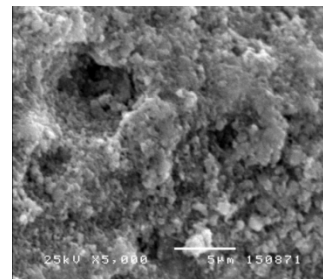
Gambar 2. Hasil penghalusan (refinement) data pola difraksi sinar-X magnet hibrida setelah perlakuan panas 800°C.

2. Metodologi Penelitian

Magnet hibrida dengan komposisi persen berat 95% BaFe₁₂O₁₉ dan 5 % Sm₂Co₁₇ disiapkan dengan metode *mechanical mixing* dengan *vibration ball mill* (VBM) selama 30 jam dalam suasana cairan toluene. Proses perlakuan panas temperatur 800°C dalam suasana gas argon terhadap campuran serbuk

dalam bentuk padatan berdiameter 10 mm setelah dikompaksi dengan tekanan 5 ton bertujuan untuk menghilangkan *residual stress* dan kristalisasi serbuk magnet.

Analisis struktur kristal diukur dengan Phillips difraksi sinar-X radiasi Co K α pada interval sudut (2 θ) 20°-100° dan pengolahan data dengan *software HighScore Plus Version 3.0e PANalytical*. Pengamatan morfologi butir-butir fasa menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) 5310LV Jeol. Kurva histerisis dihasilkan dengan alat Permagraph pada temperatur kamar dan medan magnet luar maksimum 2 T bertujuan untuk mengetahui sifat kemagnetan magnet hibrida



Gambar 3. Foto SEM morfologi struktur mikro magnet hibrida setelah perlakuan panas 800°C.

3. Hasil dan Pembahasan

Struktur kristal magnet hibrida

Setelah proses pencampuran mekanik, serbuk magnet hibrida dipadatkan dan dilakukan proses perlakuan panas pada temperatur 400°, 600°, 800°C selama 30 menit dalam suasana gas argon. Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X magnet hibrida untuk semua perlakuan panas.

Analisis kualitatif magnet hibrida dihasilkan telah terjadi dekomposisi fasa BaFe₁₂O₁₉ menjadi fasa magnetit Fe₃O₄ dan wustit FeO untuk perlakuan panas 800°C yang merupakan fasa dengan sifat kemagnetan yang rendah. Keberadaan Sm₂Co₁₇ tidak terlihat intensitas difraksi dikarenakan jumlahnya yang sangat kecil. Analisis kuantitatif fasa-fasa yang muncul dari data pola difraksi sinar-X setelah

proses perlakuan panas 800°C menggunakan *software High Score Plus Version 3.0e PANalytical* menunjukkan keberadaan fasa besi oksida magnetit Fe_3O_4 lebih dominan dan wustit FeO dengan jumlah 76 % Fe_3O_4 dan 24 % FeO (persen berat) sebagaimana terlihat pola difraksi sinar-X hasil perhitungan pada gambar 2.

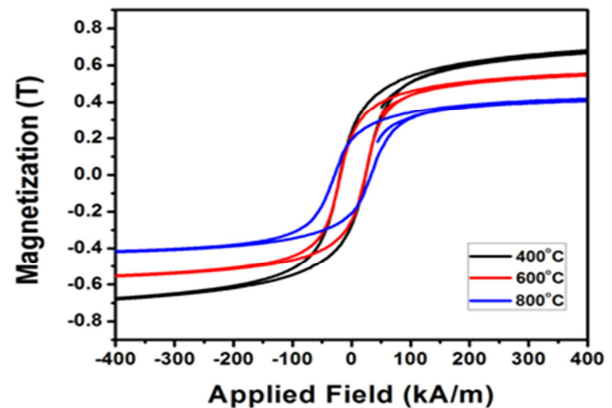
Morfologi struktur mikro

Pengamatan morfologi struktur mikro dengan SEM pada perbesaran 5000 kali memperlihatkan bentuk butir-butir (*grains*) magnet hibrida yang homogeny dengan ukuran kurang dari 1 μm (gambar 3). Pengaruh pencampuran mekanik menyebabkan terjadinya reduksi ukuran partikel dan bertambahnya luas permukaan partikel. Di samping itu *residual stress* menyebabkan kristal dalam keadaan tidak sempurna dan menjadi faktor terjadinya dekomposisi fasa.

Sifat kemagnetan

Gambar 4 memperlihatkan kurva histerisis magnet hibrida $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ setelah perlakuan panas 400°C, 600°C, dan 800°C hasil pengukuran dengan Permagraph pada temperatur kamar. Sifat kemagnetan yang diperoleh berdasarkan data kurva histerisis dirangkum pada tabel 1. Temperatur perlakuan panas yang meningkat menyebabkan nilai magnetisasi saturasi (M_s) yang menurun dan juga nilai remanen (M_r) akibat dari telah terjadinya dekomposisi fasa magnet. Sedangkan nilai koersivitas (H_c) meningkat sampai 28,73 kA/m dari 19,54 kA/m sebagai pengaruh dari proses mekanik yang menurunkan ukuran partikel dan merupakan sifat intrinsik bahan. Namun nilai magnetisasi saturasi yang terlihat pada kurva

histerisis maksimum mencapai 0,742 T menunjukkan nilai dari sifat kemagnetan fasa $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ masih dapat dipertahankan.



Gambar 4. Kurva histerisis magnet hibrida $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ setelah perlakuan panas.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa telah disintesis magnet hibrida $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ melalui metode *mechanical mixing*. Perlakuan panas telah menyebabkan dekomposisi fasa magnet $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ menjadi fasa besi oksida magnetit Fe_3O_4 dan wustit FeO lebih dominan dengan jumlah 75.9 % Fe_3O_4 dan 24.1 % FeO (persen berat). Nilai magnetisasi saturasi dan remanen cenderung menurun sebagai pengaruh perlakuan panas. Sedangkan koersivitas meningkat akibat ukuran partikel yang mengecil dan fasa $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ masih dapat dipertahankan.

Penghargaan

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI melalui Lembaga Penelitian Universitas Negeri Jakarta (UNJ) atas program penelitian Hibah Bersaing No. 04/UN39.9/PL/Hibah Bersaing/V/2013.

Tabel 1. Sifat kemagnetan magnet hibrida BaFe₁₂O₁₉/Sm₂Co₁₇ setelah perlakuan panas

| Temperatur, °C | Sifat Kemagnetan | | |
|----------------|------------------------------|-----------------|------------------------|
| | Magnetisasi Saturasi (Ms), T | Remanen (Mr), T | Koersivitas (Hc), kA/m |
| 400 | 0,742 | 0,236 | 19,54 |
| 600 | 0,583 | 0,214 | 18,93 |
| 800 | 0,429 | 0,193 | 28,73 |

Daftar Pustaka

- [1] M. Sagawa, S. Fujimura, N. Togawa, H. Yamamoto and Y. Matsuura, J. Appl. Phys., 55 (1984), pp. 2083-2087
- [2] M. Sagawa, S. Fujimura, H. Yamamoto, Y. Matsuura and S. Hirosawa, J. Appl. Phys., 55 (1985), pp. 4094-4096
- [3] J.J. Croat, J.F. Herbst, R.W. Lee and F.E. Pinkerton, Appl. Phys. Lett., 55 (1984), 148
- [4] K.J. Strnat, "Ferro Magnetic Materials", ed. E.P. Wohlfarth and K.H.J. Buschow, North-Holland, vol.4, Amsterdam (1988), pp. 131-210
- [5] M.McCaig and A.G. Clegg, Permanent Magnets in Theory and Practice, 2nd edition, Prentech Press, London (1987)
- [6] G. Hoffer and Strnat, IEEE Trans. Magn. Mag. 21 (1966), 487. M. Sagawa, S. Fujimura, H. Yamamoto, Y. Matsuura and S. Hirosawa, J. Appl. Phys., 57 (1984), 2078
- [7] J. Smit and H.P.J. Wijn, "Ferrite", Willey, New York (1959)
- [8] J. Ormerod, Metals and Materials, 4 (1989), 478-482
- [9] K.H.J. Buschow, Mat. Sci. Reports, 1 (1986), pp 1-64
- [10] H.A. Davies, in Rapidly Quenched Metals III, ed. B.Cantor, 1, the Chameleon Press Ltd, London (1988), pp 8-14
- [11] R. Skomski and J.M.D. Coey, IEEE Trans. Magn., 29 (1993), 2860
- [12] C. Suryanarayana, Int. Materials Reviews, 40 (1995), 41