

Pembuatan dan Pengujian *Bulk Density*, Fluks Magnetik, dan Mikrostruktur pada Hybrid Magnet Berbasis NdFeB / BaFe₁₂O₁₉

Djuhana¹, Muljadi^{1,*}, Sunardi¹, dan Priyo Sardjono²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

²Pusat Penelitian Fisika – LIPI, Gd. 440 Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: dosen01545@unpam.ac.id

Masuk : 5 Oktober 2017 Direvisi : 16 Oktober 2017 Disetujui : 24 Oktober 2017

Abstrak: Telah dilakukan pembuatan hybrid magnet permanen berbasis NdFeB dengan penambahan BaFe₁₂O₁₉ (5, 10, 15, dan 20 % wt). Aplikasi hybrid magnet permanen NdFeB untuk komponen motor dan generator listrik skala kecil. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruhnya penambahan BaFe₁₂O₁₉ terhadap densitas, fluks magnetik dan mikrostruktur dari hybrid magnet NdFeB. Proses preparasi bahan baku mulai dari pencampuran serbuk NdFeB tipe MQP-B+ dengan BaFe₁₂O₁₉, digerus dan dicampur bahan perekat *Epoxy Resin* sebanyak 6 %wt dan dicetak dengan gaya 8 tonf sehingga membentuk pellet dengan diameter 18,5 dan tebal 4,3 mm. Sampel yang telah dicetak kemudian dikeringkan pada kondisi *vacuum* (± 15 mbar) dengan temperatur 80°C ditahan selama 1 jam. Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengukuran *bulk density*, *microstructure* menggunakan *Optical Microscope* dan sifat magnet dengan menggunakan *Gaussmeter*. Dari hasil karakterisasi secara keseluruhan diperoleh kondisi optimum pada komposisi hybrid magnet NdFeB adalah 95% NdFeB, 5 %wt BaFe₁₂O₁₉. Sifat-sifat hybrid magnet NdFeB tersebut adalah *bulk density* = 4,469 g/cm³, Fluks magnetik = 1029,85 Gauss, ukuran bulir (grain size) sekitar 4,1 – 5,2 μ m.

Kata kunci: BaFe₁₂O₁₉, NdFeB, *Epoxy Resin*, Densitas, Fluks Magnetik, Mikrostruktur, *Hybrid Magnet*

Abstract: NdFeB-based permanent hybrid magnets have been made with the addition of BaFe₁₂O₁₉ (5, 10, 15, and 20 wt%). The applications of NdFeB permanent magnet hybrid are for component of motor and small-scale electrical generators. The purpose of this research is to know the influence of the addition of BaFe₁₂O₁₉ to density, magnetic flux and microstructure of NdFeB hybrid magnet. Preparation process started by mixing NdFeB (MQP-B+) powder with BaFe₁₂O₁₉, then mixed with adhesive Epoxy Resin 6 % wt and compacted with pressure 8 tonf to form a pellet with diameter of 18,5 and thickness 4,3 mm. Samples which have been pressed then dried using Under Vacuum Dryer with heating temperature 80°C and pressure 15 mbar held for 1 hour. The characterizations was conducted on the physical properties, such as density by using dimension method, microstructure analysis using OM, and magnetic properties with gaussmeter. The best result over all samples is hybrid magnet NdFeB with compositions of 95% NdFeB, 5 %wt BaFe₁₂O₁₉. Properties of hybrid magnet NdFeB of this compositions are *bulk density* value = 4,469 g/cm³, magnetic flux value = 1029,85 Gauss, mean particle size based of optical microscope in range 4,1-5,2 μ m.

Keywords: BaFe₁₂O₁₉, NdFeB, *Epoxy Resin*, Density, Flux Magnetic, Microstructure, *Hybrid Magnet*

PENDAHULUAN

Magnet menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia masa kini. Mulai dari peralatan listrik sampai dengan peralatan nonlistrik memanfaatkan magnet permanen, contohnya loudspeaker, meteran air, KWH-meter, *ricecooker*, *transformer* dan generator. Karakteristik bahan-bahan magnetik ditentukan oleh besaran-besaran magnetik seperti susceptibilitas, magnetisasi remanen, magnetisasi saturasi dan medan koersivitas [1].

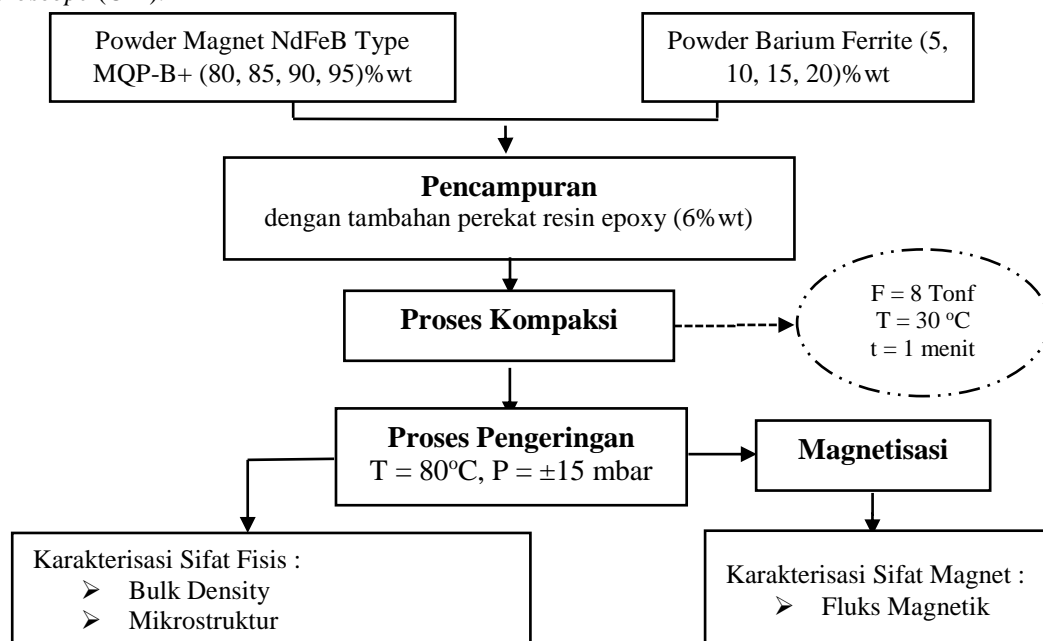
Perkembangan magnet permanen saat ini sangat difokuskan untuk magnet permanen energi tinggi. Salah satu bahan magnet permanen yang dapat menghasilkan energi tinggi tersebut adalah dari jenis Re-Fe-B (Re =

Nd, Pr)[2]. Bahkan magnet permanen berbasis Nd-Fe-B telah menghasilkan energi produk mencapai 50 MGOe. Magnet permanen berjenis Re-Fe-B ini terbuat dari paduan logam tanah jarang berjenis *Neodymium* atau *Praseodymium*, logam Besi, dan Boron dengan fasa magnet $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ atau $\text{Pr}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ yang memiliki struktur kristal tetragonal [3]. Kelebihan lain dari magnet permanen berbasis Re-Fe-B ini adalah memiliki Induksi magnet saturasi yang tinggi mencapai 1,6T atau 16 kG, dengan induksi remanensi tertinggi saat ini mencapai 1,53T atau 15,3 kG dalam bentuk sintered magnet [4]. Karena sifat magnetik yang sangat baik, bahan magnetik logam tanah jarang seperti NdFeB banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti sensor dan motor elektrik performa tinggi. Namun kelemahan NdFeB adalah sifat termalnya yang kurang baik sehingga tidak dapat digunakan pada suhu yang tinggi [5]. Magnet permanen basis ferrit seperti *barium ferrite* dan *stronsium ferrite* merupakan magnet permanen komersial jenis keramik. Magnet keramik dibuat dari bubuk magnet hasil kalsinasi yang telah dihaluskan, dicetak, dan disinter. Karakteristik magnet keramik sangat bergantung dari karakteristik mikrostrukturnya. *Barium Ferrite* telah menjadi rujukan yang menarik dalam dunia material magnet dan telah dipakai secara luas sebagai magnet permanen. Hal tersebut disebabkan *magnetocrystalline anisotropy* yang cukup besar ($1.07 \times 10^5 \text{ erg/cm}^3$ pada suhu 77 K) dan temperatur Curie yang tinggi (450°C), dengan magnetisasi saturasi yang relatif besar (96,27 emu/g), kestabilan kimia yang baik dan tahan korosi [6]. Magnet barium ferit mempunyai medan koersivitas yang tinggi dan tahan terhadap korosi. Meskipun karakteristik energinya lebih rendah dibandingkan dengan magnet keras lainnya seperti magnet *neodymium iron boron* (NdFeB), *samarium-cobalt* (Sm-Co), dan *alnico* (Al-Ni-Co), tetapi magnet keras ferit masih banyak digunakan untuk aplikasi magnet permanen karena bahannya yang melimpah dan murah [7]. Magnet yang dihasilkan dari proses pencampuran NdFeB dengan bahan ferit disebut *Hybrid Magnet*, yang memiliki sifat termal yang lebih baik dari pada NdFeB yang murni dan dapat bekerja pada temperatur yang lebih tinggi ($120 - 200^\circ\text{C}$) [8,9]. Pencampuran NdFeB dengan *Barium Ferrite* dan serbuk besi dapat memberikan keuntungan yaitu menghasilkan magnet yang berdampak menurunkan biaya produksi walaupun sifat magnetiknya terjadi penurunan [9]. Karena material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ memiliki sifat megantik yang lebih rendah dari material paduan NdFeB, tetapi kelebihan dari $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ adalah murah dan lebih stabil terhadap kondisi atmosfer.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan hybrid magnet NdFeB menggunakan bahan baku serbuk NdFeB tipe MQP-B+ dengan penambahan komposisi serbuk $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ komersil. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap densitas, fluks magnetik dan mikrostruktur dari hybrid magnet NdFeB.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan yaitu serbuk NdFeB tipe MQP-B+, *Barium Hexaferrite* ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), *Epoxy Resin*, dan *Hardener Resin*. Diagram alir preparasi sampel ditunjukkan pada Gambar 1. Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan hybrid magnet NdFeB dengan variasi komposisi $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dimulai dengan proses *mixing*, pembuatan sampel uji, analisa bulk densitas, fluks magnetik dan mikrostruktur dengan menggunakan *Optical Microscope* (OM).

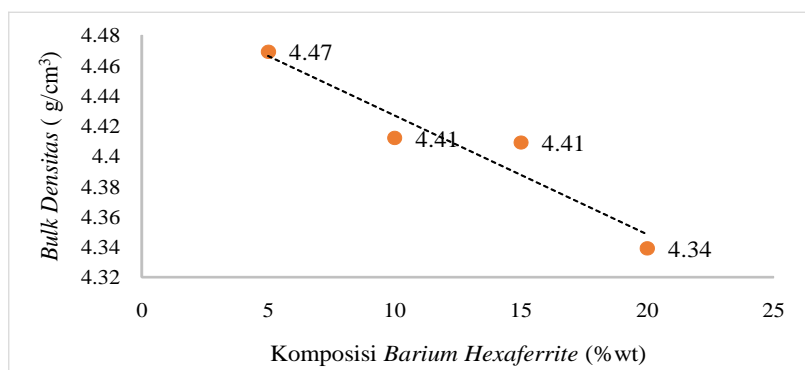


Gambar 1. Diagram Alir preparasi sampel hybrid magnet berbasis NdFeB / $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Untuk membuat hybrid magnet NdFeB/BaFe₁₂O₁₉ disediakan bahan baku yang dibutuhkan yaitu serbuk NdFeB tipe MQP-B+, serbuk *Barium Hexaferrite* BaFe₁₂O₁₉. Bahan baku tersebut kemudian dicampur dengan menggunakan *Hand Mortar*. Serbuk ditimbang dengan perbandingan 95:5, 90:10, 85:15 dan 80:20. Masing-masing serbuk yang telah ditimbang dengan perbandingan yang telah ditentukan dicampur di *Hand Mortar* hingga homogen. Serbuk yang telah homogen dipindahkan ke *Beaker Glass* ukuran 50 ml dan ditambahkan 6 %wt *Resin Epoxy* kemudian dibuat homogen kembali. Menambahkan *Hardener Resin* sebanyak 4 tetes kemudian diaduk kembali. Setelah serbuk dicampur, kemudian dicetak dengan alat *Carver Hydraulic Press* dengan gaya 8 tonf dan ditahan selama 1 menit. Setelah sampel dikompaksi. Selanjutnya sampel di keringkan pada kondisi *vacuum* (± 15 mbar) pada suhu 80°C selama 1 jam. Setelah dilakukan pengeringan, proses selanjutnya adalah magnetisasi pada sampel hybrid magnet NdFeB/BaFe₁₂O₁₉ dengan menggunakan *Physic Dr. Steingroever GmbH Impulse Magnetizer K-Series*. Kemudian dilakukan karakterisasi densitas, fluks magnetik dan mikrostruktur dari hybrid magnet NdFeB/BaFe₁₂O₁₉.

HASIL DAN PEMBAHASAN

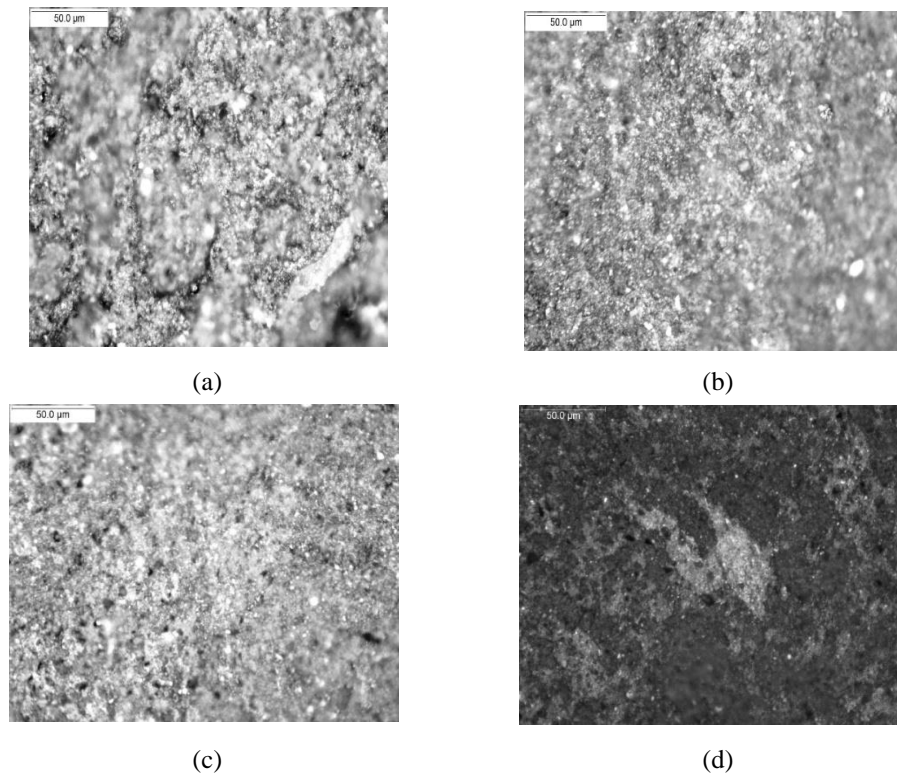
Pengukuran densitas untuk hybrid magnet NdFeB/BaFe₁₂O₁₉ dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran dimensi volume. Hasil pengukuran densitas hybrid magnet NdFeB diperlihatkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai densitas menurun seiring dengan penambahan aditif BaFe₁₂O₁₉. Nilai densitas maksimum diperoleh pada penambahan 5 %wt BaFe₁₂O₁₉ dengan nilai 4,47 g/cm³. Adanya penambahan komposisi BaFe₁₂O₁₉ menyebabkan nilai densitas cenderung menurun, hal ini disebabkan oleh nilai densitas BaFe₁₂O₁₉ (3,45 g/cm³) yang lebih kecil dari nilai densitas bonded NdFeB (5,05 g/cm³).



Gambar 2. Grafik hubungan densitas pada sampel hybrid magnet berbasis NdFeB / BaFe₁₂O₁₉ dengan variasi komposisi BaFe₁₂O₁₉.

Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan mengamati foto morfologi permukaan magnet dan penentuan ukuran partikel dengan menggunakan peralatan *Optical Microscope* (OM). Hasil pengamatan dengan OM ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengamatan OM dilakukan pada 4 sampel dengan variasi komposisi *Barium Hexaferrite* 5, 10, 15 dan 20 %wt. Dari gambar foto OM dapat dilihat bahwa yang berwarna abu-abu merupakan partikel NdFeB, sedangkan berwarna putih merupakan partikel *Barium Hexaferrite* (BaFe₁₂O₁₉). Karena bentuk sampel berbentuk pelet maka ukuran bulir (grain size) diukur berdasarkan pengamatan menggunakan optical microscope. Berdasarkan hasil *Optical Microscope*, dapat ditentukan ukuran bulir rata-rata dari bahan penyusun sampel dengan variasi komposisi *Barium Hexaferrite* yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Foto morfologi permukaan hybrid magnet berbasis NdFeB /BaFe₁₂O₁₉ dengan variasi komposisi BaFe₁₂O₁₉ (a) 5 % wt (b) 10 % wt (c) 15 % wt dan (d) 20 % wt pada pembesaran 40x.

Tabel 1. Data hasil pengujian densitas dari hybrid magnet NdFeB dengan variasi komposisi BaFe₁₂O₁₉

Variasi Komposisi BaFe ₁₂ O ₁₉ (% wt)	Ukuran bulir NdFeB (μm)	Ukuran bulir BaFe ₁₂ O ₁₉ (μm)
5	4,78	5,15
10	4,25	5,15
15	4,10	4,18
20	4,48	5,22

Berdasarkan dari hasil di Tabel 1 terlihat bahwa ukuran bulir di semua komposisi untuk NdFeB adalah sekitar 4,1 - 4,7 μm, kemungkinan hal ini distribusi ukuran bulirnya di bahan baku awalnya tidak merata, begitu pula untuk ukuran bulir BaFe₁₂O₁₉ juga bervariasi dari 4,1 - 5,2 μm, hal ini juga kemungkinan distribusi ukuran bulir dari bahan awalnya tidak homogen. Akan tetapi ukuran buir NdFeB sedikit lebih besar dibandingkan dengan ukuran bulir BaFe₁₂O₁₉. Berdasarkan hasil observasi pada OM, yang seperti terlihat pada Gambar 3 yaitu pada Gambar 3 (a) hybrid magnet dengan komposisi 5 % wt BaFe₁₂O₁₉ terlihat ukuran bulir NdFeB dan partikel BaFe₁₂O₁₉ tidak homogen bentuk bulirnya tapi kedua partikel telah terdistribusi rata. Selanjutnya untuk Gambar 3 (b), (c) dan (d) menunjukkan pola yang serupa dengan Gambar 3 (a). Dari hasil observasi dengan OM, perekat epoxy resin berada diantara bulir-bulir akan tetapi tidak terlihat jelas pada foto OM. Kemungkinan akan terlihat jelas bila diamati dengan *Scanning Electron Microscope*.

Untuk mengetahui kuat medan magnet dari sampel hybrid magnet NdFeB maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan Gaussmeter. Hasil pengukuran Gaussmeter (kuat medan magnet) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pngujian kuat medan magnet NdFeB dengan Variasi komposisi BaFe₁₂O₁₉

Komposisi Barium Hexaferrite (% wt)	Fluks Magnetik Kutub Positif (Gauss)	Fluks Magnetik Kutub Negatif (Gauss)	Fluks Magnetik Rata-rata (Gauss)
5	1064	996	1030
10	991	991	991
15	858	856	857
20	843	716	780

Berdasarkan hasil pengukuran nilai kuat medan magnet pada Tabel 2 terlihat bahwa pada sampel dengan penambahan komposisi 5 %wt *Barium Hexaferrite* diperoleh nilai fluks magnetik tertinggi yaitu 1030 gauss. Semakin bertambahnya komposisi *Barium Hexaferrite* mengurangi nilai fluks magnetik sampel karena sifat magnet *Barium Hexaferrite* lebih rendah dari bonded NdFeB yaitu sekitar 1125 Gauss sehingga menurunkan sifat magnetiknya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian diatas diperoleh kesimpulan telah berhasil dibuat hybrid bonded magnet berbasis NdFeB / BaFe₁₂O₁₉. Kondisi optimum diperoleh pada pembuatan *hybrid bonded magnet* dengan komposisi 95% NdFeB dan 5 %wt BaFe₁₂O₁₉ yang memiliki sifat-sifat : *Bulk Density* = 4,47 g/cm³. Ukuran partikel rata-rata dari hasil pengukuran mikrostruktur adalah berkisar 4,1 – 5,2 μm. Fluks Magnetik = 1030 Gauss. Penurunan sifat fisis maupun magnet dari NdFeB yang sebanding dengan penambahan BaFe₁₂O₁₉.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hayati R, Budiman A dan Puryanti D (2016) Jurnal Fisika Unand **5** 187
- [2] Drak M dan Dobrzański L A 2007 *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* **24**
- [3] Brown D, Ma B M dan Chen Z 2002 *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **248** 432
- [4] Kurniawan C, Yuswita A dan Muljadi 2013 Pembuatan Rigid Bonded Magnet Berbasis Pr-Fe-B untuk Komponen Generator Listrik Mini *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia*
- [5] Ferreira B 2011 *Use of Strontium Ferrite Powder in the Production of Hybrid Rare-Earth Bonded Magnets* (Sao Paulo: Instituto de Pesquisas Energeticas Nucleares)
- [6] Ovalioglu H 2010 *Magnetic Properties of Nano-Crystalline Barium Ferrite Synthesized by Different Synthesis Route* (Turkey: Uludag University)
- [7] Irasari P dan Idayanti N 2009 *Jurnal Sains Material Indonesia* **11** 38
- [8] Plusa D, Dospial M, Slusarek B, Kotlarczyk U dan Mydlarz T 2008 *Rev. Adv. Mater. Sci.* **18** P.541
- [9] Kokabi M, Arabgol F dan Manteghian M 2005 *Iranian Polymer Journal* **14** 71