

Bonded Magnet Permanen Nd₂Fe₁₄B dengan Perekat Silicone Rubber dan Karakterisasinya

Djuhana, Sunardi, dan Mulyadi^{a)}

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

Email: ^{a)}dosen01545@unpam.ac.id

Masuk : 5 April 2017

Direvisi : 10 Mei 2017

Disetujui : 10 Mei 2017

Abstrak: *Bonded magnet permanen dibuat dengan variasi: 95 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 5% SR, 90 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 10% SR, 85 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 15% SR, dan 80 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 20% SR. Kedua bahan baku dicampur dengan menggunakan mixer hingga homogen dan berbentuk pasta. Selanjutnya, campuran tersebut dituang ke dalam cetakan dan dibiarkan pada suhu ruang selama 4 jam. Sampel yang telah kering dikeluarkan dari cetakan dan dikarakterisasi melalui pengukuran *bulk density* dan pengukuran kurva histerisis menggunakan BH-curve Permeagraph. Hasil XRD serbuk Nd₂Fe₁₄B (NQP-B) yang dianalisis dengan program GSAS diperoleh bahwa serbuk tersebut memiliki komposisi fasa Nd₂Fe₁₄B = 78,14% dan fasa Fe = 21,86%. Komposisi *silicone rubber* (SR) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai *bulk density* dan sifat magnetiknya. Sampel dengan 5% berat SR memiliki *bulk density* terbesar yaitu = 4,67 g/cm³, sampel dengan 10% sampai 20% berat SR memiliki nilai *bulk density* yang lebih rendah yaitu masing masing 3,12 g/cm³ sampai 3,72 g/cm³. Hasil dari kurva histerisis BH-curve menunjukkan bahwa semakin banyak persentase SR maka sifat magnetiknya cenderung menurun. Nilai remanansi tertinggi (B_r) adalah = 4,85 kG pada sampel dengan 5% berat SR, tetapi sampel dengan 20% berat SR memiliki nilai B_r terendah yaitu 2,47 kG.*

Kata Kunci: magnet permanen, Nd₂Fe₁₄B, *silicone rubber*, BH-curve

Abstract: *Bonded permanent magnet has been made by using composition: 95 wt.% Nd₂Fe₁₄B with 5% SR, 90 wt.% Nd₂Fe₁₄B with 10% SR, 85 wt.% Nd₂Fe₁₄B with 15% SR, and 80 wt.% Nd₂Fe₁₄B with 20% SR. Both raw materials were mixed until homogen and formed a pasta. Then the pasta was casted to mould and dried at room temperature for 4 hours. The dried samples were released from the mould and continued with characterization for measurement of *bulk density* and measurement of hysteresis by using BH-curve permeagraph. The XRD result of Nd₂Fe₁₄B (NQP-B) shows that the powder of Nd₂Fe₁₄B (NQP-B) contains phases : Nd₂Fe₁₄B = 78.14% and Fe = 21.86%. The composition of silicone rubber (SR) influences significantly to *bulk density* and magnetic properties. Sample with 5 % of SR has highest *bulk density* (4.67 g/cm³), sample with 10 % to 20 % of SR have lowest *bulk density* value, respectively: 3.12 g/cm³ and 3.72 g/cm³. The results of measurement of hysteresis curve found that the amount of SR is more higher so the magnetic properties decline. The highest value of remanence is 4.85 kG at samples with 5 wt.% of SR, but sample with 20 wt.% of SR has lowest value of remanence (2.47 kG).*

Keywords: permanent magnet, Nd₂Fe₁₄B, *silicone rubber*, BH-curve

PENDAHULUAN

Material magnet permanen telah lama dikembangkan, mulai dari besi magnet, logam paduan magnet, magnet dari keramik, serta pengembangan magnet yang memiliki performa tinggi yaitu material magnet berbasis logam tanah jarang. Magnet permanen berbasis logam tanah jarang Re-Fe-B (Re = Nd, Pr) dapat menghasilkan energi produk (BH_{max}) yang paling tinggi jika dibandingkan dengan jenis magnet lainnya, yaitu sekitar 50 MGOe [1]. Magnet permanen berjenis Re-Fe-B terbuat dari paduan logam tanah jarang berjenis Neodymium (Nd), Besi (Fe), dan Boron (B), dengan struktur kristal dari magnet Nd₂Fe₁₄B yaitu tetragonal [2]. Kelebihan dari magnet permanen berbasis Nd-Fe-B ini adalah memiliki induksi magnet saturasi yang tinggi mencapai 1,6 T atau 16 kG, dengan induksi remanensi B_r tertinggi saat ini mencapai 1,53 T atau 15,3 kG [3]. Aplikasi magnet permanen berbasis Nd-Fe-B cukup banyak yaitu: untuk komponen motor listrik, komponen generator listrik, komponen elektronik, dan komponen sensor [4].

Magnet permanen dapat dibagi menjadi 2 tipe yaitu *sintered* magnet permanen, dan non *sintered* magnet permanen. *Sintered* magnet permanen Nd₂Fe₁₄B dibuat melalui proses densifikasi pada suhu tinggi sekitar 1000-1100 °C [5]. Sedangkan non *sintered* magnet permanen merupakan produk magnet permanen yang dibuat tanpa melalui proses densifikasi pada suhu tinggi (proses sintering). Jenis magnet seperti ini disebut juga sebagai komposit magnet permanen Nd₂Fe₁₄B.

Bonded magnet merupakan perpaduan dari partikel-partikel magnetik Nd₂Fe₁₄B dengan partikel polimer, dimana material polimer berfungsi sebagai perekat antar partikel-partikel magnetik [6]. Ada berbagai jenis polimer yang digunakan, antara lain: epoxy resin, *silicone rubber*, *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), high density polyethylene (HDPE), *polyamide*, *nylon* dan lain-lain [6,7,8,9]. *Bonded* magnet Nd₂Fe₁₄B memiliki ketahanan korosi yang baik karena permukaan partikel-partikel magnetiknya sudah terlapis atau terlindungi oleh material polimer [6]. Keunggulan lain dari *bonded* magnet permanen adalah proses fabrikasinya jauh lebih mudah dan biaya produksi yang lebih murah.

Pada umumnya *bonded* magnet permanen Nd₂Fe₁₄B memiliki sifat magnet yang lebih rendah dibandingkan dengan *sintered* magnet Nd₂Fe₁₄B. Oleh karena itu, aplikasinya terbatas pada komponen motor-motor listrik yang kecil seperti motor *power window* dan motor untuk *wiper* mobil [4]. Mehrdad et al. [5] melaporkan bahwa *bonded* magnet permanen yang dibuat dari campuran 5% PEG dan 95% serbuk NdFeB menghasilkan magnet permanen dengan remanensi (B_r) = 3,82 kG, koersivitas (H_c) = 8,415 kOe, dan energi produk $BH_{max} = 14,454$ MGOe. Dalam penelitian lainnya, Suprapedi et al. [10] membuat *bonded* magnet permanen dari 97 %wt. NdFeB (NQP-B) dan 3%wt. *rubber*. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai *bulk density* = 4.88 g/cm³, $B_r = 5.12$ kG, $H_c = 6.02$ kOe, $BH_{max} = 10.12$ MGOe, dan *magnetic flux density* = 1820 G.

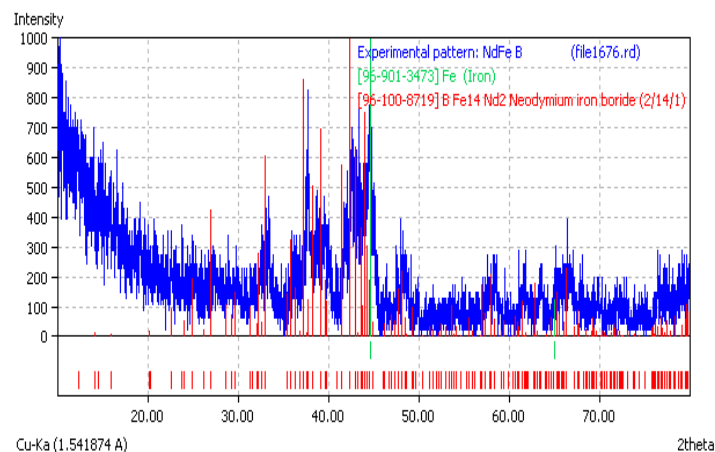
Penelitian ini dilakukan untuk optimalisasi pembuatan *bonded* magnet permanen Nd₂Fe₁₄B dan untuk mengetahui pengaruh komposisi polimer *silicone rubber* terhadap densitas dan sifat magnetnya.

METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan serbuk magnet Nd₂Fe₁₄B type NQP B dengan ukuran partikel <76 μm. Polimer yang digunakan *silicone rubber* (SR) RTV 682 dari PT Brataco Chemical. Preparasi sampel diawali dengan mencampurkan serbuk magnet Nd₂Fe₁₄B dengan polimer *silicone rubber*. Komposisi yang digunakan adalah 95 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 5% SR, 90 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 10% SR, 85 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 15% SR, juga 80 %wt. Nd₂Fe₁₄B dengan 20% SR. Kedua bahan baku dicampur dengan menggunakan *mixer* sampai homogen dan berbentuk pasta. Kemudian masing-masing komposisi ditambahkan katalis 0,5% dari berat SR dan diaduk kembali. Selanjutnya sampel dituang ke cetakan dan dibiarkan pada suhu ruang selama 4 jam. Sampel yang telah kering dikeluarkan dari cetakan dan di karakterisasi yaitu : pengukuran *bulk density* dengan menggunakan prinsip Archimedes dan kurva histeresis dengan Permagraph C dari Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH. Melalui pengukuran kurva histeresis dapat diketahui nilai-nilai remanensi B_r , koersivitas H_c dan energi produk BH_{max} .

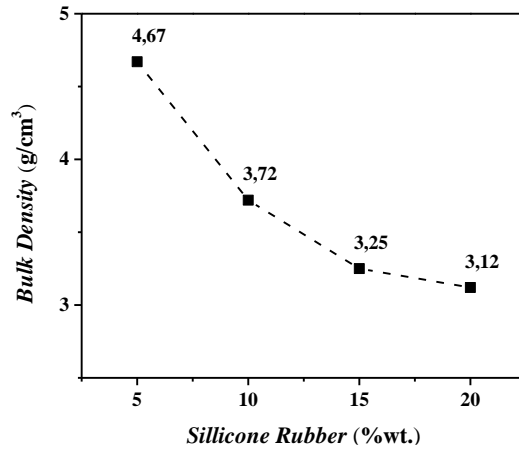
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil difraksi sinar-x serbuk Nd₂Fe₁₄B diperlihatkan pada Gambar 1. Berdasarkan analisa dengan GSASS diperoleh fasa utama adalah Nd₂Fe₁₄B [ICDD-96-100-8719] sebesar 78,14% dan fasa minor adalah Fe [ICDD-96-901-3473] sebesar 21,86%.



Gambar 1. Pola difraksi sinar-x untuk serbuk Nd₂Fe₁₄B.

Hasil pengukuran densitas (*bulk density*) diperlihatkan pada Gambar 2. Nilai densitas sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya. Semakin banyak komposisi *silicone rubber* (SR) maka nilai densitas cenderung mengecil. Hal ini sesuai dengan densitas masing-masing penyusunnya yaitu nilai densitas dari SR lebih rendah dibandingkan densitas serbuk $Nd_2Fe_{14}B$. Nilai densitas komposit tertinggi diperoleh pada sampel dengan 5% SR yaitu $4,67 \text{ g/cm}^3$ dan nilai terendah dicapai pada 20% SR yaitu $3,12 \text{ g/cm}^3$.



Gambar 2. Kurva hubungan densitas terhadap komposisi *silicone rubber*.

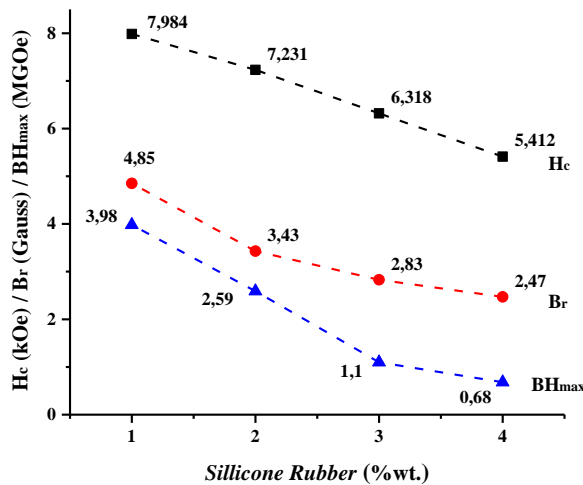
Masing-masing sampel dilakukan magnetisasi dengan medan magnet sebesar 8 kG dan diukur menggunakan Gauss Meter untuk mengetahui nilai fluks densitasnya. Hasil pengukuran fluks densitas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai fluks densitas untuk berbagai komposisi *silicone rubber* (SR)

Komposisi <i>Silicon Rubber</i> (%wt.)	Fluks Densitas (G)
5	1070
10	1050
15	620
20	450

Fluks densitas adalah besaran magnet pada permukaan sampel yang diukur menggunakan Gauss Meter. Nilai fluks densitas cenderung menurun dengan meningkatnya komposisi SR. Hal ini tentunya berkaitan dengan sifat material SR yang non magnetik. Bila jumlah non magnetiknya meningkat maka sifat magnetiknya cenderung menurun. Nilai tertinggi fluks densitas pada sampel dengan 5% SR yaitu sekitar 1070 G.

Hasil pengujian *BH-curve* dari masing-masing sampel diperoleh nilai besaran-besaran sifat magnet yaitu remanensi magnet (B_r), koersivitas (H_c) dan energi produk BH_{max} . Pada Gambar 3 ditunjukkan kurva hubungan antara besaran-besaran sifat magnetik terhadap komposisi SR.



Gambar 3. Kurva hubungan B_r , H_c , dan BH_{max} terhadap komposisi *silicone rubber*.

Komposisi polimer SR memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat magnetnya, karena polimer SR tersebut mengikat dan menyelimuti partikel-partikel magnetik Nd₂Fe₁₄B, sehingga dapat mempengaruhi sifat magnet secara keseluruhan. Nilai B_r, H_c, dan BH_{max} cenderung menurun, seperti halnya pada hasil di Tabel 1. Hal ini berkaitan dengan sifat dari bahan non magnetik *silicon rubber*.

KESIMPULAN

Polimer dalam komposit Nd₂Fe₁₄B-*silicon rubber* (SR) berfungsi sebagai perekat antar partikel-partikel magnetik. Untuk aplikasinya sebagai komponen mekanik, elektrik dan elektronik diperlukan fluks densitas dan remanensi yang besar. Efek komposisi polimer SR memberikan efek yang signifikan terhadap densitas dan sifat magnetiknya. Kondisi optimum dicapai pada penambahan 5 % berat SR dengan besar fluks magnetik 1070 G dan remanensi B_r = 4,85 kG.

DAFTAR REFERENSI

- [1]. M. Ginting, Muljadi, P. Sebayang, "Pembuatan magnet permanen isotropik berbasis Nd-Fe-B dan karakterisasinya," *Teknologi Indonesia*, vol. 29, no. 1, hal. 27-30, 2006.
- [2]. L. K. E. B. Serrona, A. Sugimura, N. Adachi, T. Okuda, H. Ohsato, D. H. Ping, K. Hono, I. Sakamoto, "Structure and magnetic properties of high coercive NdFeB films with a perpendicular anisotropy," *Applied Physics Letters*, vol. 82, no. 11, hal. 1751-1753, 2013.
- [3]. Y. B. Kim, H. T. Kim, S. H. Cho, G. A. Kapustin, "Microstructure and magnetic properties of NdFeB magnet fabricated by current-applied pressure-assisted process," *Material Science*, vol. 21, no.1, hal. 141-146, 2003
- [4]. L. A. Dobrzański, B. Ziębowicz, M. Drak, "Mechanical properties and the structure of magnetic composite materials," *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 18, no. 1-2, hal. 79-82, 2006.
- [5]. J. Ormerod, *Bonded Magnets: A Major Force for the 21st Century*, Intertech Bonded Magnet, 2000.
- [6]. B. M. Ma, J. W. Herchenroeder, B. Smith, M. Suda, D. N. Brown, Z. Chen, "Recent development in bonded NdFeB magnets," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 239, hal. 418-423, 2002.
- [7]. A. S. Dhillon, L. Singh, Amardeep, "Comparison of performance of the bonded and loosely bonded magnetic abrasives," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 04, no. 08, hal. 316-320, 2015.
- [8]. X. Zhang, W. Xiong, "Effect of bonding process on the properties of isotropic epoxy resin-bonded Nd-Fe-B magnets," *Rare Metals*, vol. 28, no. 3, hal. 248-252, 2009.
- [9]. Suprapedi, P. Sardjono, Muljadi, "Physical and magnetic properties, microstructure of bonded magnet NdFeB prepared by using synthesis rubber," *Journal of Physics: Conference Series*, 776, 012015, 2016.