

PENGARUH DOPING ION *Mn* TERHADAP KARAKTERISTIK MAGNET BARIUM FERIT

The Effect of Mn Ions Dopping towards Barium Ferrite Magnet

Characteristics

Ratih Resti Astari^{1*)}, Ferry Arifiadi^{1**)}, Handoko Setyo Kuncoro^{1**)}
dan Tony Kristiantoro^{2**)}

*)kontributor utama, **)kontributor anggota

¹Balai Besar Keramik
Jl. Jend. A. Yani 392, Bandung, Indonesia

²Pusat Penelitian Elektronika Dan Telekomunikasi - LIPI
Jl. Sangkuriang, Komplek LIPI, Bandung, Indonesia

Email : ratihresti@gmail.com

Naskah masuk: 8 Desember 2019, Revisi: 10 Januari 2020, Diterima: 10 Februari 2020

ABSTRAK

Magnet barium ferit merupakan salah satu jenis magnet permanen yang masih mempunyai potensi untuk dikembangkan, salah satunya dengan pemberian doping untuk mempengaruhi sifat magnetiknya. Dalam penelitian ini, telah dilakukan penambahan doping *MnO* dan *MnO₂* pada barium ferit. Metode pembuatan barium ferit yang dilakukan adalah dengan metode metalurgi serbuk dan diberikan penambahan doping *MnO* dan *MnO₂* dengan variasi % berat. Hasil yang diperoleh yaitu sampel dengan doping *MnO₂* mempunyai karakteristik sifat magnetik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan doping *MnO*. Nilai doping *MnO₂* terbaik pada komposisi 1,5 % dengan nilai *Br* 1,91 kG, *H_{cj}* 3,073 kOe dan *BH_{max}* 0,76 MGOe. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan doping *MnO₂* relatif lebih baik digunakan untuk meningkatkan sifat magnetik magnet barium ferit.

Kata Kunci: Magnet, Barium Ferit, *MnO*, *MnO₂*

ABSTRACT

Barium ferrite magnet is type of permanent magnet that still has potential to be developed. The improvement of magnetic properties could be conducted by dopping it. In this study, *MnO* and *MnO₂* doping tests were carried out on barium ferrite. The method of making barium ferrite by powder metallurgy method and dopped by *MnO* and *MnO₂* with % weight variation. The results were samples dopped by *MnO₂* have higher magnetic characteristics compared to dopped by *MnO*. The optimum

MnO₂ doping value at the composition of 1.5% with Br value of 1.91kG, H_{cj} of 3.073 kOe and BH_{max} of 0.76 MGOe. From this study, it can be concluded that MnO₂ doping is relatively better to be used to improve the magnetic properties of barium ferrite.

Keywords: Magnet, Barium Ferrite, MnO, MnO₂

I. PENDAHULUAN

Teknologi magnet *hard ferrites* merupakan teknologi yang telah lama dikembangkan sejak tahun 1950 [1]. Hingga saat ini teknologi dan produk magnet masih terus dikembangkan untuk berbagai implementasi dalam industri. Magnet permanen dapat terdiri dari beragam jenis material seperti paduan (alnico), keramik (magnet ferit) dan tanah jarang (SmCo, NdFeB) [2]. Salah satu jenis magnet permanen adalah magnet keramik ferit yang menggunakan oksida besi dengan campuran barium maupun stronsium sehingga membentuk stronsium ferit (SrFe₁₂O₁₉) maupun barium ferit (BaFe₁₂O₁₉) [3]. Magnet ferit mempunyai stabilitas yang tinggi, resistivitas elektrik yang tinggi, *microwave magnetic loss* yang tinggi dan murah [4]. Dengan karakteristik yang dimiliki oleh magnet ferit tersebut maka magnet ferit hingga sekarang ini banyak digunakan sebagai *stripe cards* (kartu kredit, kunci kamar hotel,

kartu identitas), media perekam, motor DC, generator, peralatan pengukuran dan lain-lain [5]. Magnet ferit ini masih mempunyai kesempatan untuk dikembangkan di Indonesia karena industri magnet di Indonesia masih terbatas dan kebutuhan pasar Indonesia yang besar [6]. Salah satu teknologi manufaktur magnet ferit yang memungkinkan diterapkan di industri untuk skala produksi besar adalah metalurgi serbuk [7]. Metode yang lain juga dapat digunakan dalam pembentukan magnet ferit sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Sebagai contoh metode mikroemulsi dan sol gel yang diaplikasikan untuk menghasilkan partikel magnet dalam skala nano dengan kemungkinan distribusi yang homogen dan mempunyai suhu kalsinasi yang rendah [8, 9,10].

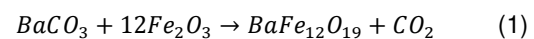
Dalam perkembangannya, selain teknologi pembuatan magnet yang bervariasi, substitusi material sebagai dasar pembentukan magnet ferit juga dilakukan untuk menghasilkan magnet dengan karakteristik yang baik. Hal ini

dapat dilakukan dengan cara pembuatan komposit magnet [11,12] maupun dengan penggunaan doping [13,14]. Pada magnet ferit doping dapat dilakukan dengan mensubstitusi ion Fe^{3+} dengan ion lain seperti logam transisi dan tanah jarang untuk memodifikasi karakteristik magnetik barium ferit [15,16]. Salah satu logam transisi yang banyak digunakan adalah Mn. Ion Mn mempunyai multivalensi yaitu Mn^{2+} , Mn^{3+} dan Mn^{4+} [16]. Susilawati (2017) telah berhasil membuat material anti radar yang menggunakan material barium heksaferit yang didoping Mn. Doping Mn pada penelitian tersebut dapat menurunkan nilai koersivitas magnet [17]. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, telah dibuat magnet barium ferit dengan MnO_2 sebagai doping. Hasil yang telah diperoleh adalah meningkatnya sifat magnetik bahan dengan pemberian doping MnO_2 [18]. Sedangkan penelitian dengan menggunakan doping MnO telah dilakukan oleh Sebayang (2016). Dari penelitian tersebut diketahui bahwa nilai densitas fluks sampel mengalami penurunan dengan penambahan doping MnO, sehingga menghasilkan magnet lunak untuk keperluan material *absorber* [19].

Penelitian yang dilakukan saat ini dibatasi hanya akan akan membandingkan barium ferit dengan doping MnO dan MnO_2 . Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan penambahan Mn dengan ion valensi yang berbeda terhadap sifat kemagnetan barium ferit. Berbeda dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [18], proses pembuatan magnet berada pada suhu kalsinasi, suhu sintering, lama penahanan serta variasi doping yang dikondisikan berbeda.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pembuatan magnet ini adalah metalurgi serbuk dengan menggunakan Fe_2O_3 dan $BaCO_3$ sebagai pembentuk barium ferit. Selain itu juga digunakan MnO_2 dan MnO sebagai material doping. Fe_2O_3 dan $BaCO_3$ yang digunakan telah dihitung sesuai dengan persamaan stoikiometri dengan persamaan sebagai berikut.



Fe_2O_3 dan $BaCO_3$ kemudian dicampur secara basah dengan menggunakan etanol dan diaduk di atas *magnetic stirrer*. Bahan kemudian dikeringkan di dalam oven

dengan suhu 150 °C. Bahan yang telah kering kemudian dikalsinasi dengan suhu 1000 °C. Bahan yang telah dikalsinasi kemudian digerus hingga halus dan dicampur dengan MnO dan MnO₂ sesuai dengan variasi % berat yang telah ditetapkan yaitu 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% dan 1,5%. Setelah dicampur, bahan dicetak dalam bentuk pelet dengan tekanan 1,03 MPa. Pelet kemudian disintering dengan suhu 1200 °C dengan lama penahanan 4 jam dalam tungku Nabertherm. Sampel yang telah disintering kemudian dikarakterisasi permagraf dan XRD. Desain penelitian dengan variasi komposisi doping MnO dan MnO₂ ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain variasi komposisi doping

Doping	Variasi (% berat)	Kode Sampel
Tanpa doping	0	M0
MnO	0,25	MA1
	0,5	MA2
	0,75	MA3
	1	MA4
	1,5	MA5
MnO ₂	0,25	MB1
	0,5	MB2
	0,75	MB3
	1	MB4
	1,5	MB5

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

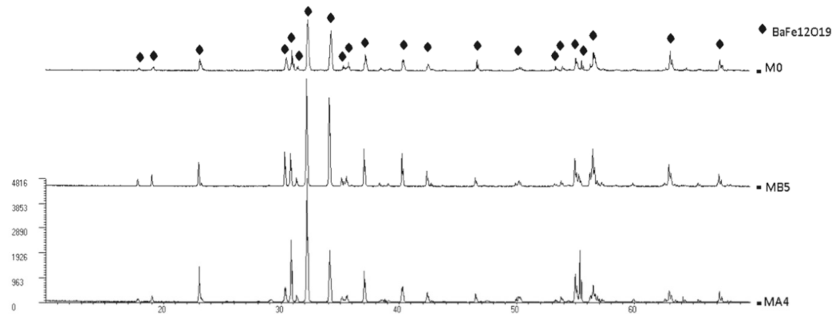
Hasil pengujian XRD dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut hanya menampilkan hasil XRD sampel magnet yang didoping dan mempunyai hasil terbaik (MA4 dan MB5) serta dibandingkan dengan sampel yang tidak didoping (M0). Dari hasil tersebut diketahui bahwa sampel seluruhnya telah membentuk struktur barium ferit sesuai dengan JCPDS 74-1121 dan tidak terlihat puncak MnO₂ maupun MnO.

Hasil pengujian permagraf ditunjukkan dalam Tabel 2 yang berisi informasi mengenai sifat magnetik sampel yaitu induksi remanen (Br), koersivitas (HcJ) dan energi maksimal (BHmax) serta nilai densitas. Nilai induksi remanen, koersivitas dan energi maksimal sampel magnet dengan doping MnO₂ menunjukkan nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel dengan doping MnO dan tanpa doping.

Nilai induksi remanen dari Tabel 2 diplot dalam grafik pada Gambar 2. Dalam grafik tersebut terdapat 2 buah garis yang menyatakan sampel magnet yang didoping MnO dan MnO₂ serta 1 titik yang merupakan sampel barium ferit yang tidak didoping. Grafik di bagian atas merupakan sampel barium ferit yang didoping

oleh MnO₂, sedangkan bagian bawah adalah sampel barium ferit yang didoping oleh MnO. Nilai induksi remanen sampel barium ferit dengan

doping MnO₂ secara keseluruhan masih unggul jika dibandingkan dengan doping MnO.



Gambar 1. Difraktogram sampel barium ferit

Tabel 2. Hasil pengujian sifat magnetik

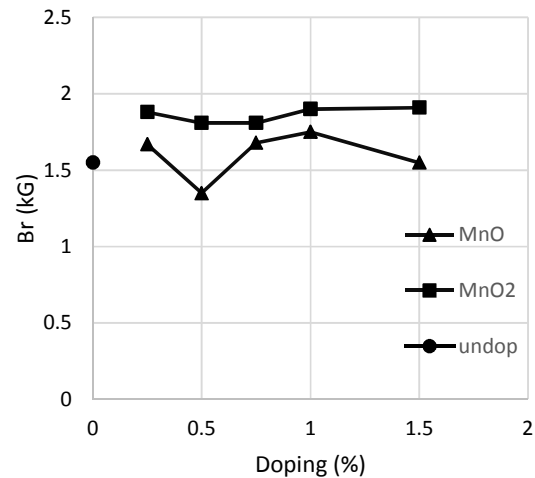
No	Kode	Br (kG)	HcJ (kOe)	BHmax (MGOe)	ρ (g/cm ³)
1	M0	1,55	1,946	0,21	4,39
2	MA1	1,67	2,554	0,38	4,39
3	MA2	1,35	2,358	0,27	3,57
4	MA3	1,68	2,331	0,35	4,37
5	MA4	1,75	2,435	0,43	4,29
6	MA5	1,55	2,245	0,46	3,77
7	MB1	1,88	2,66	0,53	4,41
8	MB2	1,81	2,92	0,65	4,08
9	MB3	1,81	2,862	0,61	4,28
10	MB4	1,9	3,047	0,74	4,34
11	MB5	1,91	3,073	0,76	4,35

Keterangan

Br : Induksi remanen

HcJ : Koersivitas

BHMax : Energi maksimum produk



Gambar 2. Grafik induksi remanen (Br) sampel magnet

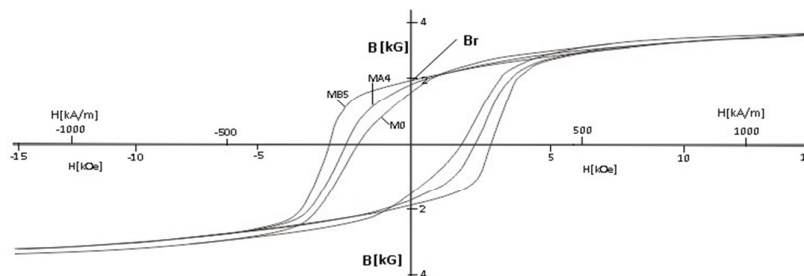
Jika diambil nilai rata-rata secara menyeluruh (dengan mengabaikan komposisi), induksi remanen dari sampel barium ferit doping MnO₂ adalah 1,862 kG dan dengan doping

MnO adalah 1,6 kG serta nilai induksi remanen untuk sampel barium ferit tanpa doping adalah 1,55 kG. Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya,

pembuatan magnet barium ferit dengan doping MnO_2 [18], nilai B_r tertinggi yaitu 1,36 kG diperoleh pada penambahan doping MnO_2 sebesar 0,3%. Dengan hasil tersebut, maka telah terjadi peningkatan nilai induksi remanen dengan penelitian yang dilakukan saat ini.

Dari hal ini diketahui bahwa nilai induksi remanen meningkat optimal dengan pemberian doping MnO_2 yang menghasilkan nilai induksi remanen terbaik dibandingkan MnO . Pada grafik dengan penambahan MnO terjadi fluktuasi sehingga grafik tidak linear. Pada penambahan MnO

sebanyak 0,5% (MA2) dan 1,5% (MA5) terjadi penurunan sifat magnetik jika dibandingkan dengan komposisi lainnya. Jika dilihat dari segi densitasnya maka sampel barium ferit MA2 dan MA5 mempunyai densitas yang rendah jika dibandingkan dengan sampel yang lain. Densitas mempunyai hubungan dengan sifat magnetik material. Semakin tinggi densitas maka porositas akan semakin rendah, hal inilah yang menyebabkan meningkatnya sifat magnetik material [20,21].



Gambar 3. Kurva histeresis sampel magnet

Nilai induksi remanen yang paling baik untuk barium ferit dengan doping MnO adalah pada penambahan 1% (MA4) dan untuk doping MnO_2 pada penambahan 1,5% (MB5). Kurva histeresis induksi remanen terbaik sampel dari masing-masing kelompok ditampilkan pada Gambar 3 yaitu M0, MA4 dan MB5. Sampel MB5 mempunyai nilai induksi remanen,

koersivitas dan energi maksimal yang paling besar di antara yang lain, yaitu 1,91 kG, 3,073 kOe dan 0,76 MGOe.

MnO_2 dan MnO mempunyai sifat antiferomagnetik di bawah temperatur Neel (T_N) 92 K dan di atas temperatur tersebut menunjukkan sifat paramagnetik [22]. Fe^{3+} menempati kristal barium ferit pada kisi oktahedral, tetrahedral dan trigonal

bipiramida. Pada kisi tetrahedral (4f1) dan oktahedral (4f2) merupakan spin turun yang dapat meningkatkan sifat magnetik bahan. Sedangkan pada kisi oktahedral (12k, 2a) dan trigonal bipiramida (2b) merupakan spin naik yang dapat menurunkan sifat magnetik bahan. Mn^{4+} pada MnO_2 mempunyai kemungkinan menggantikan Fe^{3+} pada 4f1 dan 4f2 sehingga dapat meningkatkan sifat magnetik barium ferit [19,21]. Sedangkan bahan yang tidak didoping dan didoping MnO hampir mempunyai sifat magnetik yang hampir sama atau tidak mempunyai kenaikan yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan MnO_2 . Hal ini dapat disebabkan karena Mn^{2+} pada MnO dan Fe^{3+} mempunyai konfigurasi elektron yang sama yaitu $3d^5$ sedangkan Mn^{4+} mempunyai konfigurasi elektron yang berbeda yaitu $3d^3$ yang diduga berkontribusi pada kenaikan sifat magnetik bahan [23].

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa doping MnO_2 pada magnet barium ferit dapat menaikkan sifat kemagnetan bahan jika dibandingkan dengan doping MnO

dan tanpa doping. Dari hasil yang telah diperoleh, nilai kenaikan sifat magnetik paling optimal pada doping MnO_2 1,5% yaitu pada sampel MA5 dengan nilai Br 1,91kG, H_{cj} 3,073 kOe dan BH_{max} 0,76 MGOe. Dengan demikian, MnO_2 mempunyai peluang sebagai bahan pendoping yang lebih baik dalam meningkatkan sifat kemagnetan bahan jika dibandingkan dengan MnO.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wyslocka and R. Ulewicz, "Magnets: History, The Current State and The Future," *Met. 2015 - 24th Int. Conf. Metall. Mater. Conf. Proc.*, no. July 2016, pp. 1680–1686, 2015.
- [2] S. Constantinides and J. De Leon, "Permanent Magnet Materials and Current Challenges," *Adv. Powder Metall. Part. Mater. - 2011, Proc. 2011 Int. Conf. Powder Metall. Part. Mater. PowderMet 2011*, pp. 858–875, 2011.
- [3] V. P. Singh *et al.*, "A Current Review on the Synthesis and Magnetic Properties of M-Type Hexaferrites Material," *World J. Condens. Matter Phys.*, vol. 08, no. 02, pp. 36–61, 2018, doi:

- 10.4236/wjcmp.2018.82004.
- [4] D. A. Vinnik *et al.*, "Magnetic and Structural Properties of Barium Hexaferrite $BaFe_{12}O_{19}$ from Various Growth Techniques," *Materials (Basel)*., vol. 10, no. 6, 2017, doi: 10.3390/ma10060578.
- [5] S. A. Elhour, A.A.M. Osman "Applications of Ferrite Magnet," *Global Journal of Engineering Science and Researches*, October, vol. 4, no. 10, 2017.
- [6] P. Sardjono *et al.*, "Inovasi Teknologi Pembuatan Magnet Permanen untuk Membangun Industri Magnet Nasional," *Pros. InSINas*, pp. 102–108, 2012.
- [7] A. Manaf, "Potensi Bahan Loka dalam Pengembangan Material Magnet Untuk Industri di Indonesia," *J. Sains Mater. Indones.*, pp. 17–23, 2007.
- [8] T. Koutzarova *et al.*, "Structural and Magnetic Properties of Nanosized Barium Hexaferrite Powders Obtained by Microemulsion Technique," *Solid State Phenom.*, vol. 159, pp. 57–62, 2010, doi: 10.4028/www.scientific.net/SSP.159.57.
- [9] Y. Y. Meng *et al.*, "Synthesis of Barium Ferrite Ultrafine Powders by A Sol-Gel Combustion Method Using Glycine Gels," *J. Alloys Compd.*, vol. 583, pp. 220–225, 2014, doi: 10.1016/j.jallcom.2013.08.156.
- [10] J. Zhao *et al.*, "Lanthanum and Neodymium Doped Barium Ferrite-TiO₂/MCNTs/poly(3-methyl thiophene) Composites with Nest Structures: Preparation, Characterization and Electromagnetic Microwave Absorption Properties," *Sci. Rep.*, vol. 6, no. February, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1038/srep20496.
- [11] W. Yuping, "Development of Barium Hexaferrite Composite Materials for Microwave Absorption," Thesis, National University of Singapore, 2006.
- [12] A. R. Al Dairy, L. A. Al-Hmoud, and H. A. Khatatbeh, "Magnetic and Structural Properties of Barium Hexaferrite Nanoparticles Doped With Titanium," *Symmetry (Basel)*., vol. 11, no. 6, pp. 1–11, 2019, doi: 10.3390/sym11060732.
- [13] S. Vadivelan and N. Victor Jaya, "Investigation of Magnetic And Structural Properties of Copper Substituted Barium Ferrite Powder Particles Via Co-Precipitation Method," *Results Phys.*, vol. 6, pp. 843–850, 2016, doi: 10.1016/j.rinp.2016.07.013.

- [14] M. H. Shams, A. S. H. Rozatian, M. H. Yousefi, J. Valíček, and V. Šepelák, "Effect of Mg^{2+} and Ti^{4+} Dopants on The Structural, Magnetic and High-Frequency Ferromagnetic Properties of Barium Hexaferrite," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 399, pp. 10–18, 2016, doi: 10.1016/j.jmmm.2015.08.099.
- [15] L. Wang, J. Zhang, Q. Zhang, N. Xu, and J. Song, "XAFS and XPS Studies on Site Occupation of Sm^{3+} Ions in Sm Doped M-Type $BaFe_{12}O_{19}$," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 377, pp. 362–367, 2015, doi: 10.1016/j.jmmm.2014.10.097.
- [16] X. Zhang, Y. Duan, H. Guan, S. Liu, and B. Wen, "Effect of Doping MnO_2 on Magnetic Properties for M-Type Barium Ferrite," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 311, no. 2, pp. 507–511, 2007, doi: 10.1016/j.jmmm.2006.08.007.
- [17] Susilawati, A. Doyan, and Khalilurrahman, "Synthesis and Characterization of Barium Hexaferrite With Manganese (Mn) Doping Material As Anti-Radar," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1801, no. January, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1063/1.4973096.
- [18] R. R. Astari, H. S. Kuncoro, D. N. Rahman, and T. Kristiantoro, "Karakterisasi Sifat Magnetik dan Densitas Magnet Barium Ferit dengan Penambahan MnO_2 ," *J. Keramik dan Gelas Indones.*, vol. 26, no. 1, 2017.
- [19] A. M. S. Sebayang, C. Kurniawan, and P. Sebayang, "Microstructure, Magnetic Properties and Microwave Absorption of $BaFe_{(12-x)}Mn_xO_{19}$ Magnetic Materials," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, November, pp. 23–30, 2016.
- [20] C. Kurniawan, M. Nainggolan, K. Sebayang, and M. Ginting, "Preparation and Characterization of Fe-Mn-doped Barium Hexaferrite Permanent Magnet," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 817, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [21] S. E. Shirsath *et al.*, "Doping Effect of Mn^{2+} on The Magnetic Behavior in Ni-Zn Ferrite Nanoparticles Prepared by Solgel Auto-combustion," *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 71, no. 12, pp. 1669–1675, 2010, doi: 10.1016/j.jpics.2010.08.016.
- [22] B. Bayyappagari and K. Shaik, "Para, Ferro and

Antiferromagnetic Properties of MnO_2 and $\text{Ce}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$ Nanoparticles,” *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 124, no. 1, pp. 3–8, 2018, doi: 10.1007/s00339-017-1395-2.

[23] T. Ben Ghzaïel *et al.*, “Effect of

Non-Magnetic and Magnetic Trivalent Ion Substitutions on BaM-Ferrite Properties Synthesized By Hydrothermal Method,” *J. Alloys Compd.*, vol. 671, 2016.