

PEMBUATAN MATERIAL MAGNETIK KOMPOSIT BaFe₉Mn_{0,75}Co_{0,75}Ti_{1,5}O₁₉/ELASTOMER UNTUK APLIKASI PENYERAP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Windu Ganar Prasongko, Priyono

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: Ganarp.windu@rocketmail.com

ABSTRACT

The magnetic material of BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ which is considered as a magnetic material of M type Hexaferrite and being substituted partially of two Fe³⁺ ions with an Mn²⁺ ion, Co²⁺, and an Ti⁴⁺ ion has been researched and tested by using sol gel method. The magnetic material is formed from Ba(NO₃)₂, Fe(NO₃)₂, Mn(NO₃)₂, Co(NO₃)₂, Ti(NO₃)₄. BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ for x = 1.5 synthesized by using sol gel, in the form of powder. From the magnetic test result, it is obtained that the coercivity values is 3.8 kA / m and the magnetization value is 0.29 Tesla. The density test result of pellet barium heksaferrite is 3.453 to 5.060 g / cm³ for 90 μm. The morphology analysis of the sample surface by using Scanning Electron Microscopy (SEM) showed heterogeneity in particle size. The result of absorption test showed the absorption in the range of 8-12 GHz. The result of mechanical tests showed that the adhesion test had the variation values to different point.

Keywords: BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ for x = 1.5, sol gel

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dan pengujian material magnet BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ yang merupakan material magnet Hexaferrite tipe M dan disubstitusi secara parsial 2 ion Fe³⁺ dengan sebuah ion Mn²⁺, Co²⁺, dan sebuah ion Ti⁴⁺ dengan menggunakan metode sol gel. Material magnet dibentuk dari senyawa-senyawa Ba(NO₃)₂, Fe(NO₃)₂, Mn(NO₃)₂, Co(NO₃)₂, Ti(NO₃)₄. BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ untuk x=1,5 disintesis dengan menggunakan metode sol gel, berupa serbuk. Hasil dari uji magnetik diperoleh nilai koersivitasnya 3,8 kA/m dan nilai magnetisasinya 0,29 Tesla. Hasil uji densitas pellet barium heksaferrite bernilai 3,453 hingga 5,060 gr / cm³ untuk lolos saring 90 μm. Analisa morfologi permukaan sampel dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan adanya heterogenitas ukuran partikel. Hasil uji absorpsi menunjukkan penyerapan pada daerah range 8-12 GHz. Hasil uji mekanik menunjukkan bahwa uji daya rekat elastomer memiliki variasi nilai pada titik yang berbeda

Kata kunci : BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO₁₉ untuk x=1,5, sol gel

PENDAHULUAN

Penggunaan material magnet sudah banyak diaplikasikan di dunia industri. Para peneliti menemukan bahwa material magnet dapat digunakan untuk keperluan militer. Pengurangan pantulan gelombang radar (RCS) untuk keperluan militer dapat menggunakan Radar Absorbing Material (RAM). Dengan prinsip yang sama microwave absorber telah luas digunakan untuk mencegah atau meminimalisir pantulan gelombang elektromagnetik dari suatu struktur yang besar seperti pesawat tempur, kapal, dan tank. Beberapa penelitian tentang struktur ferrite

hexagonal, MFe₁₂O₁₉ dimana M adalah divalent metal seperti Ba atau Sr memungkinkan digunakan sebagai material RAM, barium heksaferrit dapat digunakan untuk RAM dengan range frekuensi antara 8 sampai 16 GHz.

Barium heksaferrit dikenal sebagai magnet permanen dengan struktur heksagonal yang sesuai dengan space group P 63/mmc [1]. Seperti keluarga oksida lainnya, material ini memiliki sifat mekanik yang sangat kuat dan tidak mudah terkorosi [2]. Pemakaian senyawa ini sebagai perekam magnetik, divais gelombang mikro

(mikrowave) dan absorber [3] sangat diminati sehingga banyak usaha dilakukan untuk memproduksi substitusi kation yang mungkin kedalam $BaFe_{12}O_{19}$ guna meningkatkan sifat magnetik. Divalen logam transisi seperti Co, Ti dan Mn [11] sering digunakan karena persamaan jari-jari ionik dan konfigurasi electron [5].

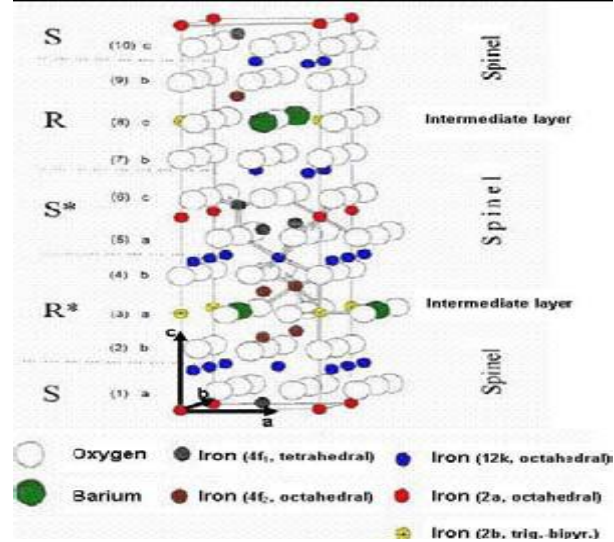
Dalam penelitian ini diharapkan mampu dihasilkan material magnet dengan sifat yang unggul melalui rekayasa struktur dalam orde skala nanometer dari material Barium hexaferrite ($BaO \cdot 6Fe_2O_3$). Dengan modifikasi komponen ferrite (Fe_2O_3) melalui substitusi Mn dan Ti, serta rekayasa struktur diperoleh prototipe material magnet untuk aplikasi penyerapan gelombang mikro pada daerah frekuensi ultra tinggi (ultra high frequency) [4].

DASAR TEORI

Barium Heksaferrit sering ditulis dengan notasi BaM dan memiliki stoikiometri yang mantap. Ferit dan garmet merupakan feromagnetik oksida dengan sifat dielektrik dan magnetik yang banyak digunakan pada aplikasi RF (Radio Frequency) dan microwave. BaM ini memiliki struktur heksagonal yang sesuai dengan space group $P6_3/mmc$.

Penggunaan BaM sebagai material untuk perekam magnetik sangat diminati sehingga banyak penelitian dilakukan untuk mensubstitusi kation BaM guna meningkatkan sifat magnetik material ini. bermacam-macam variasi kation dapat dimungkinkan di dalam $BaFe_{12}O_{19}$. Divalen logam transisi seperti Ni, Co, Mn, Ti dan Fe sering digunakan karena memiliki persamaan jari-jari ionik dan konfigurasi elektron. Sifat kelistrikan dan kemagnetan dari substitusi BaM sangat bergantung pada kondisi sintesis yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan distribusi muatan yang secara umum terjadi untuk doping multivalen kation [5].

Barium hexaferrite (BHF) memiliki kristal struktur magnetoplumbite mineral (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Gambar 1 sel satuan dari BHF berdasarkan dua rumus dari $BaFe_{12}O_{19}$ [6]

METODE PENELITIAN

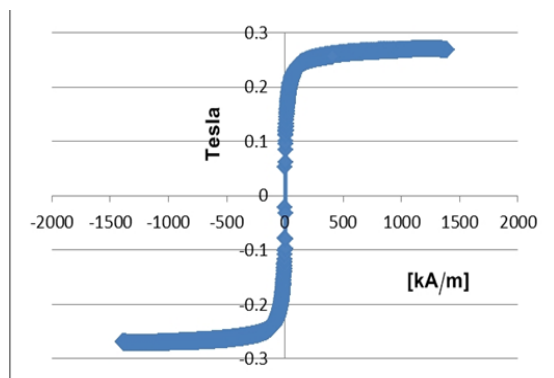
Bahan-bahan yang perlukan ditimbang sesuai dengan stoikiometri dari fasa $BaFe_{2-2x}(MnCo)_xTi_xO_{19}$ untuk $x = 1,5$. Semua bahan kemudian dicampur dan ditambahkan dengan asam sitrat. Campuran tersebut dimilling menggunakan HEM supaya menjadi larutan asam yang homogen. Penambahan basa kuat NH_4OH bertujuan supaya terjadi pengendapan dari ion-ion logam-logam yang diperlukan pada pH antara 7 – 9. Larutan yang terbentuk kemudian dievaporasi secara perlahan dengan suhu $180^{\circ}C$ sampai larutan menjadi serbuk kering dengan warna coklat kemerahan. Serbuk hasil evaporasi kemudian *difiring* pada temperatur $450^{\circ}C$ bertujuan untuk memecah barium nitrat menjadi BaO dan melepaskan gas-gas hasil reaksi dari larutan.

Pembentukan fase kristal barium heksaferrit dilakukan dengan kalsinasi pada

suhu 850⁰C dan suhu 1050⁰C. Granuller hasil sol-gel berupa serbuk halus dimasukkan dalam dies(cetak) yang terlebih dahulu dibersihkan dengan acetone dan dikompaksi secara perlahan dengan hidraulik piston yang dikontrol dengan motor elektrik pada tekanan akhir 2 ton sehingga dihasilkan sampel pellet dengan diameter 10 mm dengan ketebalan 2-4 mm. Setelah tekanan hidraulik tercapai sampel didiamkan dalam tekanan tersebut selama tiga puluh detik untuk menghilangkan tegangan sisa(residual stress) sehingga sampel tidak mengalami patahan saat dikeluarkan dari alat cetak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

SIFAT MAGNETIK



Gambar 2. Grafik kurva histerisis H-J dari BaFe₉Mn_{0,75}Co_{0,75}Ti_{1,5}O₁₉

Besarnya nilai koersivitas BaFe₁₂O₁₉ standar adalah 258,7 kA/m [9] , sedangkan besarnya nilai koersivitas BaFe₉Mn_{0,75}Co_{0,75}Ti_{1,5}O₁₉ menurun tajam menjadi 3,8 kA/m seperti pada gambar 2. Hal ini menyebabkan kurva histerisis menjadi menciut daripada kurva histerisis BaFe₁₂O₁₉ standar. Semakin besar konsentrasi ion pensubstitusi (Mn, Co dan Ti) membuat nilai

koersivitas semakin kecil.. Hal ini ditunjukkan oleh grafik histerisis pada gambar 2 yang merupakan grafik histerisis dari fase BaFe₉Mn_{0,75}Co_{0,75}Ti_{1,5}O₁₉ , mempunyai nilai medan koersivitas sebesar 3,8 kA/m.

Turunnya nilai magnetisasi, dari 0,48 Tesla menjadi 0,29 Tesla, disebabkan oleh adanya pengaruh substitusi ion Mn-Co dan Ti yang menyebabkan momen magnetik total molekul menjadi berkurang.

Karakterisasi Densitas Pellet Barium Heksaferrite

Karakterisasi densitas serbuk menggunakan pendekatan teoritis dengan memasukkan data sekunder hasil XRD ke persamaan berikut

$$\rho_{X-ray} = \frac{n.M}{Vc.NA} \tag{1}$$

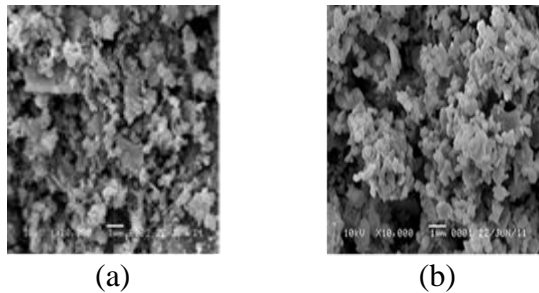
Yang diperoleh nilainya sebesar 5,207 g/cm³.Karakterisasi densitas pelletnya diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$\rho_p = \rho_b \cdot f_b + \rho_e \cdot f_e \tag{2}$$

sehingga diperoleh nilainya sebesar 3,88 g/cm³.

Karakterisasi densitas pellet barium heksaferrite dengan menggunakan metode eksperimen dilakukan sebanyak 12 x pengukuran untuk lolos saring 90 μm.Hasil pengukuran rata-ratanya sebesar 4,131±0,408 g / cm³. Hal ini sangat bervariasi sekali.Perubahan yang cukup tinggi pada bubuk sampel menunjukkan belum padunya komposisi disamping dimensi yang cukup kecil disertai dengan pelapisan pada plat yang sangat tipis, juga diakibatkan oleh adanya pori dari paduan akibat adanya jebakan oksigen/udara dalam sampel.hal ini diperjelas pada hasil uji SEM .

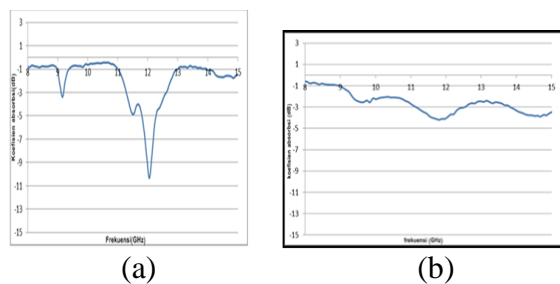
Sem Hasil Pembakaran



Gambar 3. Citra SEM barium heksaferrite pada (a) 450 °C (b) 1050 °C

Gambar 3(a) pada suhu 450°C, ukuran partikel menjadi heterogen dengan adanya bentuk persegi panjang, Rata-rata ukuran partikel Bam dengan suhu sintering 450°C adalah 1 µm. Gambar 3(b) pada suhu 1050°C, mulai terjadi aglomerasi partikel, aglomerasi partikel berbentuk bola mulai muncul dengan jelas.

Uji serap gelombang radar pada 8 GHz hingga 16 GHz



Gambar 4. Hasil uji serap BaFe₉Mn_{0.75}Co_{0.75}Ti_{1.5}O₁₉/polimer dengan fraksi berat (a) 30 % (b) 50%

Dari hasil pada gambar 4(a),4(b) dilakukan perbandingan terhadap penelitian yang dilakukan oleh Choopani [9] yang menunjukkan bahwa dengan konsentrasi ion-ion substitusi yang lebih besar ternyata memberikan dampak frekuensi serapan yang lebih kecil yaitu dari 18,6 GHz dan 14,6 GHz menjadi 12,1 GHz (fraksi berat 30%

elastomer). Fase murni barium heksaferrite murni tanpa tersubstitusi adalah bersifat magnet keras sehingga ia mempunyai koersivitas yang tinggi. Koersivitas yang tinggi menyebabkan energi anisotropi magnetik menjadi tinggi sehingga berpengaruh pada besarnya frekuensi resonansi alami yang menjadi semakin tinggi. Frekuensi resonansi alami yang dimiliki oleh *barium hexaferrite* tanpa substitusi sekitar 47,6 GHz [10]. Substitusi ion Mn, Co dan Ti dapat menurunkan nilai koersivitas barium hexaferrite sehingga nilai energi anisotropi magnetik dan frekuensi resonansi alami juga menjadi semakin kecil. Kecilnya nilai koersivitas membuat grafik histeresis magnetik menjadi menciut sebagaimana gambar 2. Hal ini menunjukkan bahwa substitusi ion Mn, Co dan Ti membuat *barium hexaferrite* menjadi bersifat *soft magnet*

Penggantian sebagian ion Fe³⁺ oleh ion-ion Mn, Co dan Ti dapat menggeser daerah serapan menjadi lebih kecil. Penurunan daerah serapan dikarenakan oleh nilai koersivitas BaFe₉Co_{0.75}Mn_{0.75}Ti_{1.5}O₁₉ yang kecil sehingga membuat konstanta anisotropi kristal dan frekuensi resonansi alami semakin kecil. Karena medan anisotropi kristal magnetik dengan partikel multiorientasi besarnya sebanding dengan medan koersivitas, maka penurunan nilai koersivitas berpengaruh terhadap nilai resonansi alami yang nilainya juga menjadi semakin kecil.

Penambahan elastomer pada serbuk barium heksaferrite membuat daya absorpsinya lebih besar bila dibandingkan barium heksaferrite yang tidak diberi elastomer.

Kecilnya nilai atenuasi bila dibandingkan terhadap referensi Ghasemi yang mempunyai nilai atenuasi antara 25 – 50 dB [10], diduga karena masih terdapatnya fase sekunder atau *intermediat* yang non heksagonal. Fase non heksagonal ini diduga memiliki frekuensi serapan tidak pada range

frekuensi diuji sehingga intensitas serapan yang diperoleh kecil

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. $BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO_{19}$ untuk $x=1,5$ telah berhasil disintesis dengan menggunakan metode sol gel ,dengan menggunakan raw material: $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Ba(NO_3)_2$, $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $Ti(NO_3)_4$. $BaFe_{12-2x}(MnCo)_xTi_xO_{19}$ untuk $x=1,5$.
2. Hasil Uji magnetik dapat disimpulkan masuknya ion Mn,Co dan Ti mengakibatkan turunnya nilai magnetisasi total dan koersivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Smith & Wijn. 1959 .Physical Properties of ferrimagnetic oxides in relation to their technical application. Netherland : Philips Research
- [2]. Snoek, J.L.1947.New Development in Ferromagnetic Material.New York
- [3]. Tang, Xin. 2005.Influence of Shynthesis Variables on The Phase Component and Magnetic Properties of M-Ba-ferrite Powders Prepared Via Sugar-Nitrates Process.Journal of Material Science.ISSN 0021-2461.
- [4]. Sudakar, C., Subbanna, G.N., and Kutty, T.R.N., 2003, "Hexaferrite FeCo nanocomposite particles and their electrical and magnetic properties at high frequencies", J. App.Phys. Vol 24 No. 9 pp 6030-6033
- [5]. Mallick, Kajjal K., Phillip Sheperd., Roger J Green.2007.Magnetic Properties of cobalt substituted M-type Barium Hexaferrite prepared by coprecipitation. Journal of Magnetism Material 312 (2007) 418-429
- [6]. Hemming.L.H.,2002,"Electromagnetic Field Theory Fundamentals"Cambridge .UK: University Press.
- [7]. Callister, W. D., Jr., "Materials Science and Engineering an Introduction", Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [8]. Bennett, J. C., Chambers, B., Crossley, G. E., "Characterization of Microwave Four-Parameter Materials and Its Application in Wideband Radar Absorber Design". IEE Proc.-Radar, Sonar Navig., 1994. 141(6).
- [9]. Choopani, S. , Keyhan, N.,Ghasemi, A., Sharbathi, A., Maghsoudi, I., Egbbali, M., 2009, *Static dan Dynamic Magnetic Characteristics of BaCo0,5Mn0,5Ti1,0 Fe10O19*, J. Magn. Magn. Mater..
- [10]. Ghasemi, A., 2006. "Electromagnetic Properties and Microwave Absorbing Characteristics of Doped Barium Hexaferrite", Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 302(2): p. 429-435.
- [11]. Moulson, A. J., Herbert, J. M., "Electroceramics: Materials, Properties, Applications", Second Edition, John Wiley & Sons Ltd. 2003.
- [12]. Naito, Y., Suetake, K., 1971, "Application of ferrite to electromagnetic wave absorber and its characteristics", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 19, No.1,pp.65-72.
- [13]. Abdullah, M., 2008, "Pengantar Nanosains", Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [14]. Priyono, 2008, "Pembuatan Nano Komposit Ferromagnetik Untuk Material Anti Radar", Jakarta: Departemen Pertahanan RI Badan Penelitian dan Pengembangan Puslitbang Iptekhan.
- [15]. Olmedo,L., Hourquebie, P., Jousse, F., 1997, "Handbook of organic conductive molecules and polymers", New York: John Wiley and Sons, Vol.3.
- [16]. Yeadon W.H. & Yeadon A.W., Handbook of small Electric Motors, Mcgraw Hill Company Inc. USA, 2001.

