

Pengaruh Penambahan Doping Mn/Cu pada Barium Heksaferit sebagai Material Penyerap Gelombang

Silviana Simbolon^{1,*}, Anggito P. Tetuko², Candra Kurniawan^{1,2},
Perdamean Sebayang^{1,2}, dan Krista Sebayang³

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No 1, Tangerang Selatan, Banten, 15417

²Pusat penelitian Fisika LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Banten, 15314

³Jurusan Fisika, Universitas Sumatera Utara, Jl. Bioteknologi, Padang Bulan, Sumatera Utara, 15314

E-mail: *simbolonsilvi@gmail.com

Masuk : 9 November 2017

Direvisi : 21 November 2017

Disetujui : 4 Desember 2017

Abstrak: Pada penelitian ini, telah dilakukan analisa efek doping Mn^{2+}/Cu^{2+} sebanyak 0.1%mol terhadap struktur barium heksaferit sebagai material absorpsi gelombang mikro. Sintesis material dilakukan dengan metode *mechanical alloying* menggunakan *planetary ball mill*. Powder yang telah di-*milling* dikalsinasi pada temperature 1000 °C selama 2 jam. Powder hasil kalsinasi di kompaksi dengan tekanan 1.5 kgf/cm² membentuk pellet dan di sinter pada temperatur 1150 °C selama 2 jam. Dari hasil eksperimen, menunjukkan penambahan ion Mn^{2+}/Cu^{2+} 0.1 %mol mengakibatkan nilai densitas *bulk* meningkat jika dibandingkan dengan barium heksaferit. Efek penambahan ion Mn^{2+}/Cu^{2+} menurunkan nilai koersivitas (*H_{jc}*) dan menaikkan nilai remanensi (*Mr*) yaitu $BaFe_{12}O_{19}$ memiliki *H_{jc}* = 6.45 KOe dan *Mr* = 0.91 KG, $BaFe_{11.9}Mn_{0.1}O_{19}$ memiliki *H_{jc}* = 3.27 KOe dan *Mr* = 1.62 KG sedangkan $BaFe_{11.9}Cu_{0.1}O_{19}$ memiliki *H_{jc}* = 1.75 KOe dan *Mr* = 1.79 KG. Pengukuran *reflection loss* gelombang mikro menggunakan VNA menunjukkan bahwa penambahan ion Mn^{2+}/Cu^{2+} pada barium heksaferit memiliki rentang frekuensi yang berbeda. Frekuensi $BaFe_{11.9}Mn_{0.1}O_{19}$ sekitar 4 – 10 GHz dan $BaFe_{11.9}Cu_{0.1}O_{19}$ sekitar 4 – 8 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa besar penyerapan gelombang yang cukup signifikan dengan adanya penambahan doping Mn/Cu 0.1 %mol jika dibandingkan terhadap barium heksaferit.

Kata kunci: Barium Hexaferrite, Ion Mn/Cu, absorber

Abstract: In this study, the effect of 0.1%mol Mn/Cu dopants on barium hexaferrite structure as microwave absorbing materials have been investigated. The material synthesis was performed by mechanical alloying method using planetary ball mill. The milled powder was calcined at the temperature of 1000 °C for 2 hours. The calcined powder was compacted in the pressure of 1.5 kgf/cm² then sintered at the temperature of 1150 °C for 2 hours. From the experimental results, we observed that the addition of 0.1 %mol Mn/Cu ion generally increases bulk density rather than bulk density of bariumhexaferrite. The magnetic characterization shows that Mn/Cu ions doped decrease the coercivity and increase the magnetic remanence that $BaFe_{12}O_{19}$ has *H_{jc}* = 1.75 and *Mr* = 1.79 KG. The microwave reflection loss analysis was used by VNA measurement that the addition of Mn^{2+}/Cu^{2+} ions on barium hexaferrite have different absorbing frequency regime. The $BaFe_{12-x}Mn_xO_{19}$ frequency is round 4 – 10 GHz and the $BaFe_{12-x}Cu_xO_{19}$ frequency is around 4 – 12 GHz. It showed that the significant of wave absorbtion with the addition of Mn^{2+}/Cu^{2+} 0.1 % if compared barium hexaferrite.

Keywords: Barium Hexaferrite, Mn, Cu, absorber

PENDAHULUAN

Material barium heksaferit termasuk bahan keramik yang merupakan bahan magnetik. Material ini memiliki karakteristik: temperatur Curie, koersivitas, saturasi magnetik dan anisotropi magnetik yang relative tinggi serta stabilitas kimia yang sangat baik [1-5]. Material barium heksaferit merupakan magnet permanen yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang sebagai hard magnetik. Material ini juga dapat dibuat menjadi soft magnetik dengan tambahan doping sebagai material penyerap gelombang radaryang sangat baik. Hal ini karena sifat listrik dan magnetik dari material ferrimagnetik ini sangat mendukung dalam aplikasi tersebut, yaitu

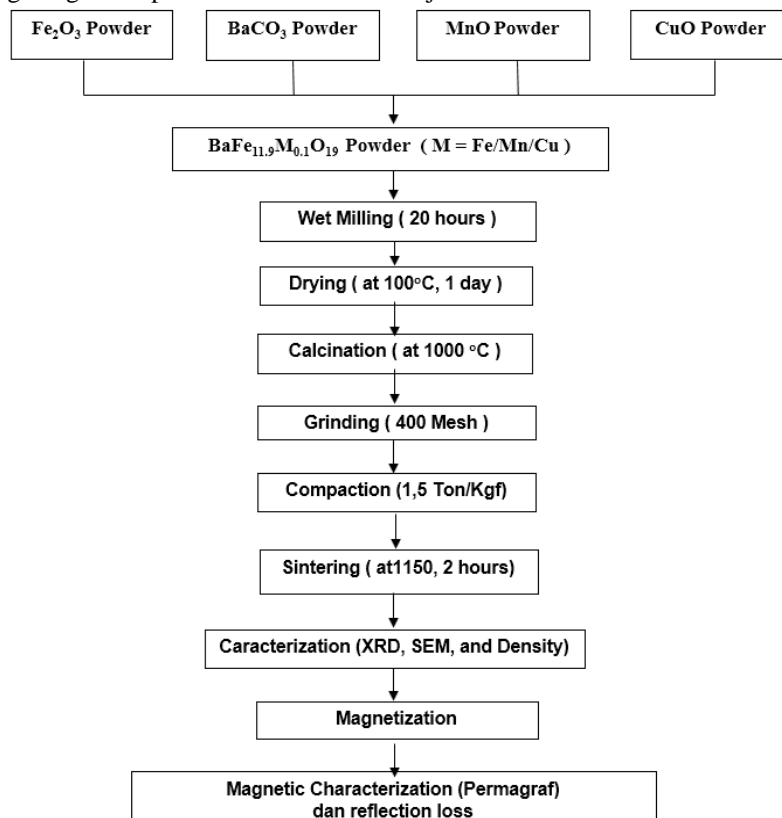
memiliki permeabilitas dan resistivitas yang tinggi [6]. Barium Heksaferrit dapat disintesis dengan metode kristalisasi gas, presipitasi hidrotermal, sol-gel, aerosol, pemanduan mekanik dan kopresipitasi [7].

Menurut penelitian H. Sözeri et.al telah melakukan analisis dan karakterisasi sifat elektromagnetik barium heksaferrit yang diberikan bahan doping ($M = \text{Mn}^{2+}$ dan Zn^{2+}) sebanyak 1 % mol sebagai penyerap gelombang mikro pada daerah rentang frekuensi 4-15 GHz. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa minimum reflection loss (RL) 10 dB pada frekuensi 15 GHz dan untuk sampel dengan doping Zn dan Mn mampu mencapai 10 dB pada frekuensi 4 GHz [5].

Dalam penelitian ini akan membahas dan membandingkan hasil dari modifikasi material barium heksaferrit sebagai hard magnetik menjadi soft magnetik dengan penambahan doping $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$. Fungsi doping $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ untuk mensubsitusi ion Fe. (Fungsi $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$). Sumber bahan Mn^{2+} diperoleh dari mangan oksida (MnO) dan Cu^{2+} dari tembaga oksida (CuO). Penambahan doping $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ bertujuan menurunkan sifat magnetik dan menaikkan nilai saturasi dari barium heksaferrit. Hal ini dikarenakan sifat paramagnetik dari doping $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$. Hal tersebut akan meningkatkan sifat adsorber pada barium heksaferrit sebagai material penyerap gelombang [5]. Pada proses pembuatan material ini menggunakan metode *mechanical alloying* yang dikalsinasi pada suhu 1000 °C dan dilanjutkan proses sintering 1150 °C, masing – masing ditahan selama 2 jam. Karakterisasi yang dilakukan meliputi: analisa X-Ray Diffraction, pengukuran nilai densitas, morfologi material menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), sifat magnetik menggunakan permagraf, dan pengukuran reflection loss menggunakan VNA.

METODOLOGI

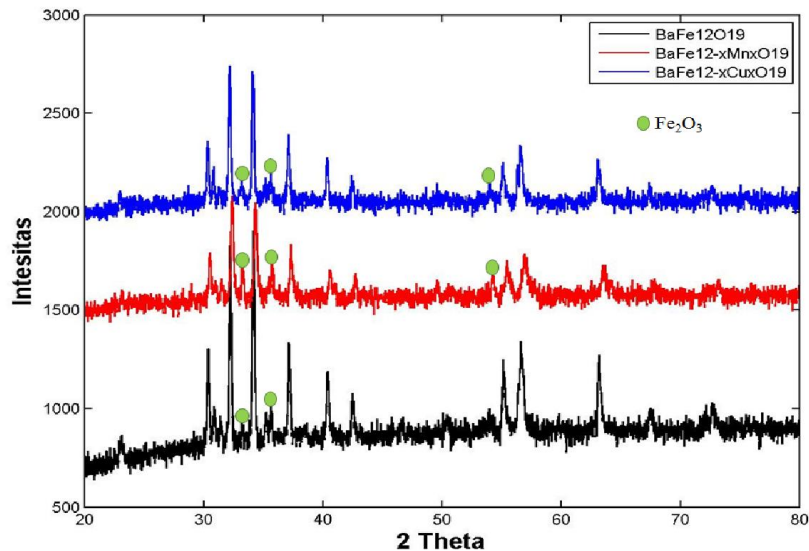
Preparasi bahan magnetik barium heksaferrit dengan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ menggunakan bahan baku BaCO_3 , Fe_2O_3 , MnO dan CuO. Kemudian bahan – bahan baku tersebut dicampur dengan metode *mechanical alloying* menggunakan *Planetary Ball Milling* (PBM) secara *wet milling* selama 20 jam. Bahan baku yang telah digiling tersebut dikeringkan pada 100 °C selama 24 jam agar kandungan air terurai. Serbuk yang dikeringkan dikalsinasi pada suhu 1000 °C, ditahan selama 2 jam untuk membentuk fasa barium heksaferrit. Serbuk barium heksaferrit yang terbentuk digiling menggunakan mortal hingga mencapai ukuran butir 400 mesh. Kemudian dicampur dengan perekat polimer Celuna WE – 518 sebanyak 3% (berat) dan dikompaksi dengan tekanan 1,5 tonf/cm² untuk membentuk pelet dengan dimensi diameter 20 mm dan tebal 10 mm. Sampel yang terbentuk disintering dengan temperatur 1150 °C selama 2 jam.



Gambar 1. Skema pembuatan sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{19}$, dimana ($M = \text{Fe}, \text{Mn}, \text{dan Cu}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 2, diketahui bahwa telah terbentuk 2 fasa yakni barium heksaferite dan hematit yang terbentuk saat proses kalsinasi pada suhu 1000 °C ditahan selama 2 jam. Dimana fasa dominan dimiliki oleh barium heksaferit dan minor merupakan hematit yang terbentuk sebagai pengotor [8].



Gambar 2. Hasil XRD sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{19}$, dimana (M= Fe, Mn, dan Cu).

Pada Tabel 1, juga dapat diketahui adanya pergeseran parameter kisi pada fasa barium heksaferite dengan adanya penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ sebesar 0.1 %mol. Hal ini menunjukkan telah terjadi substitusi ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ terhadap ion Fe[5]. Penurunan nilai intensitas juga terlihat dengan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$.

Tabel 1. Parameter kisi sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{19}$, dimana (M= Fe, Mn, dan Cu).

Sampel	Parameter Kisi	
	a (Å)	c (Å)
$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$	5.892	23.183
$\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19}$	5.893	23.201
$\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$	5.865	23.099

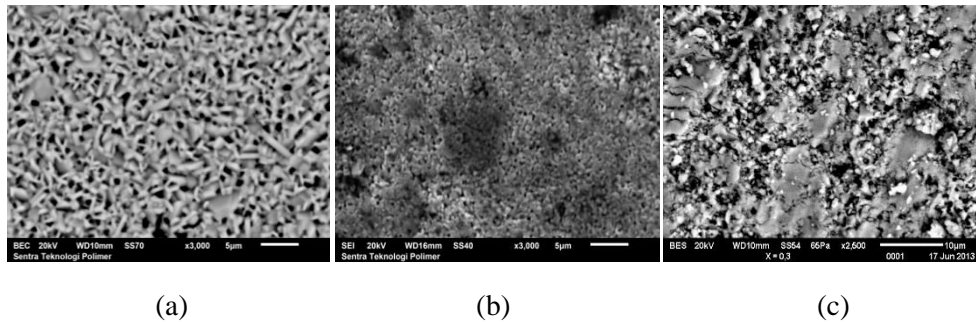
Pada Tabel 2, Ditunjukkan hasil pengukuran densitas pada barium heksaferit dalam bentuk pellet setelah di sinter pada suhu 1150 °C. Kenaikan nilai densitas sangat dipengaruhi oleh proses sinter dan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ jika dibandingkan dengan nilai densitas barium heksaferit, $\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19} = 4,67 \text{ g/cm}^3$, $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19} = 3,8 \text{ g/cm}^3$, dan pure $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 3.13 \text{ g/cm}^3$. Hal ini menunjukkan telah terjadi proses pepadatan pada proses sinter dan adanya pengaruh perbedaan nilai true density Fe = 7,87 g/cm^3 , Mn = 7,47 g/cm^3 dan Cu = 8,92 g/cm^3 .

Tabel 2. Pengaruh ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ terhadap nilai densitas pada pellet barium hexaferrite.

Sampel	Densitas (g/cm^3)
$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$	3.13
$\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$	3.8
$\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19}$	4.67

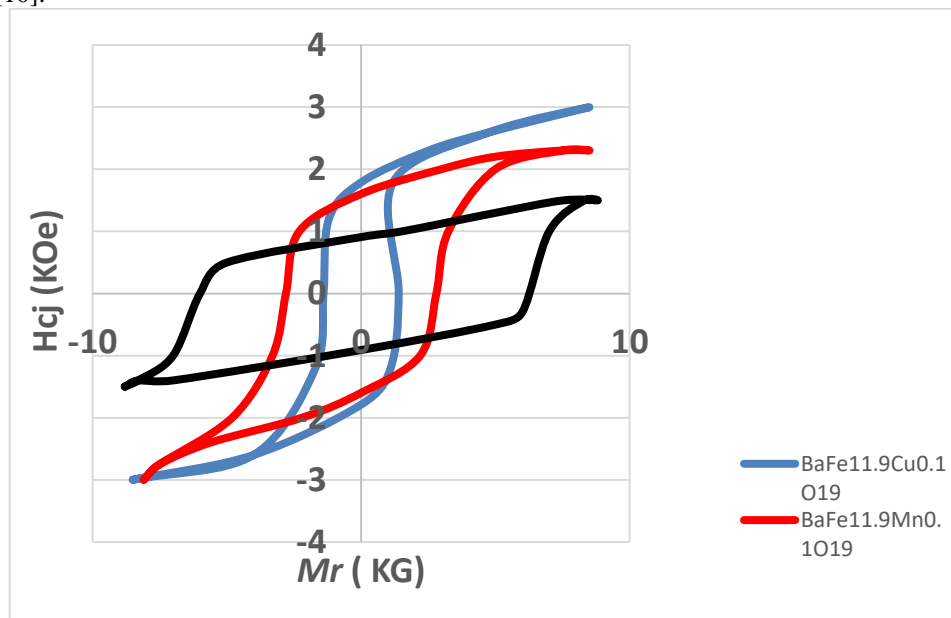
Gambar struktur permukaan pure barium heksaferite dan dengan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3(a) Terlihat distribusi porositi yang cukup banyak dan lebar pada permukaan pure barium heksaferite. Sedangkan pada penambahan ion Mn^{2+} terlihat adanya penurunan yang signifikan terhadap distribusi porositi meskipun masih terdapat celah poros yang cukup lebar pada permukaan sampel, Gambar 3(b). pada penambahan ion Cu^{2+} , permukaan barium heksaferit terlihat menggumpal namun masih

memiliki banyak porositas yang besar, hal ini ditunjukkan pada Gambar 3(c). Diduga selama proses reaksi dan densifikasi, dapat terjadi proses sintering reaktif yang biasanya menghasilkan porositas pada permukaan sampel. Berbagai reaksi yang mungkin terjadi pada saat sintering reaktif seperti reaksi oksidasi - reduksi dan tahap transisi. Dengan cara ini reaksi yang disebabkan oleh kotoran, aditif atau produk lainnya terbentuk selama proses sintering [9].



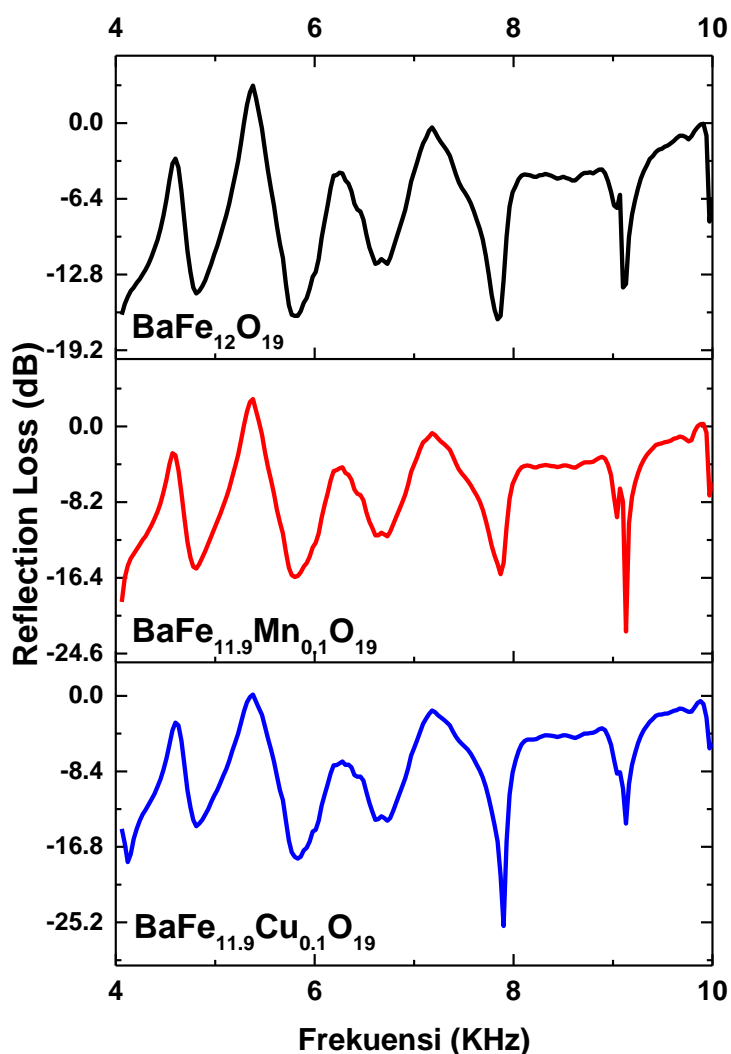
Gambar 3. Morfologi permukaan sampel setelah proses sintering, distribusi dan ukuran pori menggunakan SEM perbesaran 3.000x pada sampel a) $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, b) $\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19}$ dan c) $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$.

Pada pengukuran sifat magnet menggunakan pemagraf, ditunjukkan pada Gambar 4, bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap sifat magnet barium heksaferit dengan dilakukannya penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$. Penurunan koersivitas dan meningkatnya nilai remanensi sebagai pengaruh ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ terhadap barium hexaferite, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 6.45 \text{ KOe}$, $\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19} = 3.27 \text{ KOe}$, dan pure $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19} = 1.75 \text{ KOe}$. Hal ini terjadi akibat dari karakteristik ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ yang paramagnetik mempengaruhi sifat barium heksaferit yang merupakan hard magnetik permanent menjadi semi- soft magnetik dengan penambahan 0.1 % mol ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ [10].



Gambar 4. Grafik histerisis dari sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{19}$, dimana (M= Fe, Mn, dan Cu).

Penurunan sifat magnetik barium heksaferit setelah dilakukan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ dari hard magnetik menjadi semi soft magnetik diharapkan mampu meningkatkan hasil penyerapan gelombang micro X – band [11]. Ini terlihat pada Gambar 5, menunjukkan bahwa penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ pada barium heksaferit memiliki lebar frekuensi yang berbeda. Frekuensi $\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19}$ sekitar 4 - 10 GHz dan $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$ sekitar 4 – 8 GHz dan penyerapan gelombang yang cukup signifikan dengan adanya penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ 0.1 % mol jika dibandingkan terhadap barium hexaferit. Ini membuktikan adanya kontribusi peranan ion Mn^{2+} dan Cu^{2+} dalam mempengaruhi sifat absorber magnet permanen barium heksaferit sebagai material absorber gelombang mikro. Dari hasil uji VNA, didapatkan nilai *reflection loss* untuk $\text{BaFe}_{11.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_{19}$ mencapai 23 dB sedangkan $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$ mencapai 25,3 dB.



Gambar 5. Grafik Reflection Loss dengan frekuensi untuk sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{19}$, dimana (M= Fe, Mn, dan Cu).

KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan sintesis dan investigasi efek penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ terhadap struktur barium heksaferit sebagai material absorpsi gelombang mikro. Kenaikan jumlah ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ menaikkan densitas *bulk*. Jika dibandingkan dengan pellet barium heksaferit, dari hasil karakterisasi sifat magnet material, penambahan ion Mn/Cu menurunkan nilai koersivitas dan menaikkan nilai remanensi. Hal ini menunjukkan perubahan sifat struktur barium heksaferit dari *hard* menjadi *semi-soft* magnetik dengan penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$. Hasil VNA diketahui bahwa penambahan ion $\text{Mn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ pada barium heksaferit memiliki nilai *reflection loss* dan lebar frekuensi yang berbeda. Pada penelitian ini didapatkan komposisi terbaik dipelihatkan pada sampel $\text{BaFe}_{11.9}\text{Cu}_{0.1}\text{O}_{19}$ dengan penambahan ion Cu pada barium heksaferit, dengan nilai *reflection loss* 25,3 dB pada frekuensi <8 GHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhage V N, Mane M L, Keche A P, Birajdar C T dan Jadhav K M 2011 *Phys. B: Condens. Matter* **406** 789
- [2] Dehlinger A S, Le Berre M, Canut B, Chatelon J P, Albertini D, Perrot S, Givord D dan Rousseau J J 2010 *J. Magn. Magn. Mater.* **322** 3293
- [3] Topal U dan Bakan H I 2010 *J. Eur. Ceram. Soc.* **30** 3167
- [4] Xu H, Zhang W, Peng B dan Zhang W 2011 *Appl. Surf. Sci.* **257** 2689
- [5] Birsoz B, Baykal A, Sözeri H dan Toprak M S 2010 *J. Alloys Compd.* **493** 481
- [6] Priyono 2010 *Karakteristik Magnetik dan Absorpsi Gelombang Mikro Material Magnet Berbahan Dasar Barium Hexaferrite* (Jakarta: Universitas Indonesia)
- [7] Kosasih, A. Noly, dkk. 2006 *Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Serbuk Barium M-Heksa ferrit Dengan Doping Ion Zn Pada Variasi Temperatur Rendah*. Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [8] Costaa A C F M, Diniz A P, Silvaa V J, Kiminami R H G A, Cornejoc D R, Gama A M, Rezende M C dan Gamaa L 2009 *Journal of Alloys and Compounds* **483** 563
- [9] Wismogroho A S 2013 *Pengembangan Dilatometer Untuk Analisa Karakteristik Sintering Magnet Basis Ferrite* (Jakarta: Pusat Penelitian Fisika – LIPI)
- [10] Coker E G, Yetgin N, Yildiz E, Alikma F, Acar E dan Topal U 2013 *J. Supercond. Nov. Magn.* **26** 1011
- [11] Gairola S P, Vermaa V, Singh A, Purohit L P dan Kotnala R K 2010 *Solid State Communications* **150** 147