

# PEMBUATAN PELAPIS PENYERAP GELOMBANG MIKRO BERBASIS *M-HEXAFERRITE* $BaFe_{12-2x}Zn_xO_{19}$ DARI PASIR ALAM PADA KABIN PESAWAT

Dessy Putri Efhana<sup>1)</sup>, Devi Eka Septyani Arifin<sup>2)</sup>, Dita Viantyas<sup>3)</sup>, Fitriana<sup>4)</sup>, Setiawan Abdillah<sup>5)</sup>, Moch. Zainuri<sup>6)</sup>

*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*

<sup>1</sup>Email : [dessyputriefhana@yahoo.com](mailto:dessyputriefhana@yahoo.com)

<sup>2</sup>email : [devi.eka.28@gmail.com](mailto:devi.eka.28@gmail.com)

<sup>3</sup>email : [dita.vian@ymail.com](mailto:dita.vian@ymail.com)

<sup>4</sup>email : [fitriana.071@gmail.com](mailto:fitriana.071@gmail.com)

<sup>5</sup>email : [setiawan.abdillah@gmail.com](mailto:setiawan.abdillah@gmail.com)

<sup>6</sup>email : [zainuri@physics.its.ac.id](mailto:zainuri@physics.its.ac.id)

## Abstrak

Telah berhasil dibuat prototype pelapis penyerap gelombang mikro berbasis Mhexaferit  $BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$  dari pasir alam pada kabin pesawat. Barium M-Hexaferit (BaM) disintesis dengan metode kopresipitasi dan rekayasa kemagnetannya dengan mekanisme doping ion  $Zn^{2+}$ . Karakterisasi sampel dilakukan dengan Difraksi Sinar-X (XRD) dan XRF, VSM, dan DSC/TGA. Pembentukan fase BaM dikonfirmasi melalui data XRD, dimana pembentukan fase BaM terbentuk pada temperatur kalsinasi 1000 0C, konsentrasi doping  $x=0.5$  dengan medan koersivitasnya 0.29 T dan remanensi magnetiknya 33.82 emu/g. Pembuatan cat dilakukan dengan mencampurkan 40 ml cat mobil, 40 ml tinner dan 3 gram Barium M-Hexaferit ( $BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$ ). Kemudian dilakukan pengecatan pada plat yang berbahan sama dengan bahan kabin pesawat dengan tebal 2 mm. Setelah itu dapat dilakukan uji VNA untuk mengetahui kadar penyerapan gelombang mikronya. Dari pengujian Vector Network Analyzer (VNA) didapatkan kemampuan absorpsi gelombang elektromagnetiknya dengan dilapisi BaM sebesar -16 dB, sedangkan ketika tidak dilapisi BaM sebesar -7dB.

**Keywords:** Barium M-Hexaferit, Absorbing, Gelombang mikro.

## 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan alat komunikasi seperti ponsel banyak digunakan dan sudah menjadi kebutuhan. Di Indonesia, menggunakan ponsel dalam pesawat saat penerbangan memang dilarang karena berpotensi sinyal ponsel mengganggu kinerja pesawat terbang. Meskipun masih menjadi perdebatan, ponsel diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan pesawat terbang. Beberapa otoritas penerbangan pun melarang penggunaan ponsel dalam pesawat terbang. Tetapi tidak menutup kemungkinan hal tersebut terabaikan. Untuk meminimalisir kelalaian penumpang, digunakan sistem pencegahan dari awal, salah satunya dengan menggunakan pelapis pada dinding pesawat dengan bahan yang mampu mengabsorpsi gelombang mikro, sehingga dapat direduksi sampai tingkat yang tidak membahayakan. Potensi pasir alam yg ada di Jawa Timur dapat dimanfaatkan sebagai absorpsi gelombang mikro dengan cara mensintesa pasir besi menjadi bahan partikel magnetik yang dijadikan sebagai pelapis bahan komposit cat pada dinding interior pesawat.

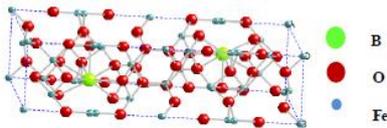
Pada penelitian ini BariumHeksaferit disubstitusi menggunakan ion Zn. Barium MHexaferit dari  $BaFe_{12-2x}Co_xZn_xO_{19}$  adalah salah satu material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang mikro (Feng YB, 2007), sayangnya medan koersivitas ( $H_c$ ) terlalu tinggi. Akibatnya, medan yang diperlukan untuk membuat magnetisasinya menjadi nol akibat pengaruh medan luar

juga harus tinggi, dimana untuk aplikasi ini sifat tersebut merupakan masalah yang harus dihindari. Tingginya nilai medan koersivitas menyebabkan sifat anisotropik material semakin meningkat sehingga sifat absorpsinya menjadi semakin lemah

Material tersebut pada penelitian ini akan disintesis dengan metode kopresipitasi, yang divariasikan dengan ion doping Zn pada Barium Heksaferit  $BaFe_{12}O_{19}$  pada temperature kalsinasi 1000<sup>0</sup>C sehingga terbentuk Barium M-Heksaferit sebagai material magnetik yang dapat menyerap gelombang mikro.

Menurut Alvin Lie, seorang pemerhati penerbangan, dampak gangguan pesawat terbang sebenarnya sangat kecil. Dengan catatan hanya satu ponsel saja yang aktif. Dikarenakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari satu ponsel masuk dalam skala mikro. Namun lain ceritanya jika ada banyak ponsel yang aktif secara bersamaan. Dimana saat memancarkan gelombang elektromagnetik, kumulatif sinyal akan cukup besar. Magnet barium ferit mulai dikembangkan pada awal tahun 1960, sebagai alternatif untuk menggantikan penggunaan magnet logam. Alvin menyimpulkan bahwa cukup berpengaruh bagi keselamatan penerbangan berpotensi mengganggu komunikasi dan navigasi. Meskipun masih belum ada bukti empiris mengenai keterkaitan sinyal ponsel yang mengganggu kinerja pesawat terbang. Hanya pesawat yang dirancang dan dilengkapi perangkat khusus saja yang dapat meredam bahaya sinyal ponsel tersebut

Magnet barium ferit mulai dikembangkan pada awal tahun 1960, sebagai alternative untuk menggantikan penggunaan magnet logam. Magnet ini termasuk klasifikasi material keramik magnet keras yang memiliki struktur hexagonal ( $BaFe_{12}O_{19}$ ). Barium heksaferrit mempunyai kestabilan kimia yang bagus dan relatif murah serta kemudahan dalam produksi, sehingga sangat cocok dipergunakan dalam peralatan teknologi pada jangkauan yang cukup luas (Warson, 1980). Bariumheksaferit ( $BaFe_{12}O_{19}$ ) merupakan salah satu magnet permanen dengan struktur heksagonal yang sesuai dengan *space group* P 63/mmc (Smith, 1959). Struktur kristal barium heksaferit terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kristal  $BaFe_{12}O_{19}$  dengan kode data *base* 1008326CIF

Dalam beberapa tahun terakhir, heksagonal ferit telah banyak diaplikasikan, seperti magnet permanen, telekomunikasi, *magneto-optical*, media penyimpanan data, dan *electromagnetic shielding fields*. Namun, medan koersivitas ( $H_c$ ) terlalu tinggi untuk beberapa aplikasi baru. Untuk mengatasi masalah ini, ion besi dalam fasa-M bisa disubstitusi dengan kation logam lain yang ukurannya hampir sama (misalnya  $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Zn^{2+}$ ). Divalent logam transisi seperti Co, Zn, Ti, dan Mn sering digunakan karena persamaan jari-jari ionik dan konfigurasi elektronnya (Mallick dkk.2007).

Sebagian besar, substitusi berlangsung secara serentak di *spin-down* dan *spin-up sublattices* mengakibatkan penurunan medan koersivitas dan magnetisasi saturasi (Rosler, 2003). Tipe ferrit yang berbeda memiliki karakteristik frekuensi yang berbeda, dan perbedaan karakteristiknya bisa dibentuk dengan memilih struktur kimia yang sesuai, penambahan ion doping, dan proses sintesis.

Bahan keramik yang bersifat magnetik umumnya merupakan golongan ferit, yang merupakan oksida yang disusun oleh hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) sebagai komponen utama. Bahan ini menunjukkan induksi magnetik spontan meskipun medan magnet dihilangkan. Material ferit juga dikenal sebagai magnet keramik, bahan itu tidak lain adalah oksida besi yang disebut ferit besi (*ferrous ferrite*) dengan rumus kimia  $MO_6(Fe_2O_3)$ , dimana Madalah Ba, Sr, atau Pb.

Magnet permanen isotropi, magnet dimana pada proses pembentukan arah domain magnet partikel-partikelnya masih acak, sedangkan yang anisotropi pada pembentukan dilakukan di dalam medan magnet sehingga arah domain magnet partikel-partikelnya mengarah pada satu arah tertentu. Magnet permanen isotropi memiliki sifat magnet atau remanensi magnet yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan magnet permanen anisotropi.

## 2. METODE

### A. Pemurnian $Fe_3O_4$ pada Pasir Besi

Pasir besi yang akan digunakan sebagai bahan utama pembuatan material BaM terlebih dahulu dibersihkan dari beberapa material yang tidak diperlukan. Proses pembersihan dilakukan dengan cara separasi pasir besi

dengan magnet permanen agar kandungan besi pada pasir besi dapat dipisahkan dari pengotor. Kemudian dibersihkan dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* yang ditambahkan alkohol ke dalamnya guna membersihkan permukaan serbuk pasir, hal tersebut dilakukan sebanyak tiga kali selama 15 menit. Setelah dicuci dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* pasir besi dikeringkan dalam oven dengan temperatur  $100^{\circ}C$  selama 4 jam. Setelah itu untuk mereduksi ukuran partikel dari pasir besi dilakukan dengan menggunakan *ball mill* dengan kecepatan putar 150 rpm selama 1 jam.

### B. Sintesis BaM ( $BaZn_xFe_{12-x}O_{19}$ ) dengan Metode Kopresipitasi

Sintesis BaM yang dilakukan dengan menggunakan variasi  $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9$ . Tahap-tahap pembuatannya yaitu :

- Melarutkan pasir besi ( $Fe_3O_4$ ) dalam HCl dengan menggunakan *hot stirrer*  $70^{\circ}C$  selama 30 menit (larutan 1)
- Melarutkan  $BaCO_3$  dalam HCl (larutan 2)
- Melarutkan serbuk Zn dalam HCl dengan menggunakan *hot stirrer*  $70^{\circ}C$  sampai Zn larut sempurna (larutan 3)
- Mencampurkan larutan 1, 2, 3 dan distirrer dengan temperatur  $70^{\circ}C$  selama 45 menit (larutan 4)
- Mentitrasi larutan 4 dengan NaOH 7M sampai pH larutan
- Setelah itu larutan 4 dicuci dengan aquades sampai pH
- Prekursor dikeringkan dengan temperatur  $100^{\circ}C$
- Prekursor dikalsinasi pada temperatur  $1000^{\circ}C$  dengan lama penahanan 5 jam

### C. Pembuatan prototype

Serbuk BaM yang telah terbentuk dicampur dengan cat dengan perbandingan 1:1 menggunakan pengaduk berkecepatan 8000 rpm. Selanjutnya dilapiskan pada bahan polimer (kabin pesawat) dan dikeringkan dengan menggunakan *drying*.

### D. Analisis

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa analisis yaitu *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *XRay Fluorescence (XRF)*, *DSC/TGA*, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dan *Vektor Network Analyzer (VNA)*.

### E. Metode Analisa Data

Metode analisa data pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil dari komposisi optimum pada variasi perbandingan komposisi BaM dengan cat yaitu 1:1.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Barium M-Heksaferrit (BaM) berbahan dasar pasir besi alam ini dilakukan menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi konsentrasi doping Zn sebesar  $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9$ . Metode kopresipitasi memiliki keunggulan seperti tingkat kemurnian yang tinggi, proses pengendapan yang sederhana sehingga memudahkan dalam pemisahannya pada temperatur rendah, waktu yang dibutuhkan relatif cepat. Pasir besi yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan Barium M-Heksaferrit berasal dari alam. Sebelum dilakukan perlakuan, pada pasir tersebut dilakukan pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mendapatkan data kuantitatif

kandungan unsur-unsur dalam pasir besi. Berikut ini merupakan hasil XRF sebelum dilakukan perlakuan.

Tabel 3. Identifikasi Unsur dari Pasir Besi

Unsur	Conc unit	Unsur	Conc unit
Al	1 %	Fe	87,21 %
Si	1,1 %	Ni	0,06 %
P	0,2 %	Zn	0,06 %
Ca	0,41 %	Br	0,34 %
Ti	6,42 %	Eu	0,72 %
V	0,48 %	Yb	0,03 %
Cr	0,11 %	Re	0,3 %
Mn	0,50 %	Bi	0,93 %

Setelah mengetahui unsur apa saja yang ada dalam pasir besi, proses selanjutnya yaitu membersihkan pasir besi dari unsur-unsur yang tidak diperlukan. Untuk memurnikan unsure Fe dalam pasir besi dilakukan dengan cara separasi menggunakan magnet permanen dan juga pencucian menggunakan *ultrasonic cleaner*. Setelah dilakukan proses tersebut pasir besi diuji lagi untuk mengetahui unsur apa saja yang hilang.

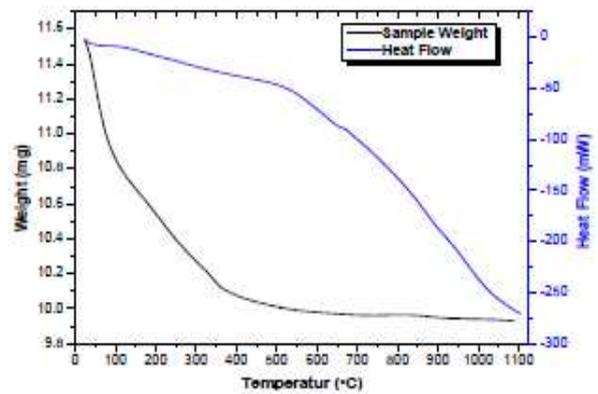
Tabel 4. Identifikasi Unsur Pasir Besi Setelah dibersihkan

Unsur	Conc unit	Unsur	Conc unit
Si	0,63 %	Cr	0,03 %
P	0,34 %	Mn	0,66 %
Ca	0,57 %	Fe	89,93 %
Ti	6,87 %	Zn	0,06 %
V	0,47 %		

Fasa yang dibutuhkan dalam sintesis BaM adalah *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ) yang didapat dari hasil pemurnian pasir besi. Untuk mengidentifikasi fasa yang ada dalam pasir besi setelah dilakukan pemurnian dilakukan dengan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*). Dari hasil analisa menggunakan perangkat lunak Match2! hasil dominan yang didapat yaitu fasa magnetit ( $Fe_3O_4$ ).

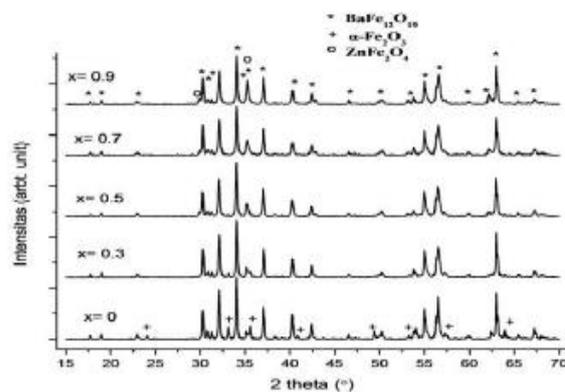
Setelah dilakukan pengujian untuk pasir besi, selanjutnya dilakukan pengujian untuk serbuk BaM yaitu uji DSC/TGA, XRD, VSM, dan VNA. Analisa termal dilakukan pada serbuk prekursor yang telah disintesis sebelumnya. Tujuan dari analisa termal yaitu dapat mengetahui dekomposisi termal, transisi fasa, dan penentuan diagram fasa. Analisis termal dilakukan sebagai acuan dalam perlakuan panas dalam proses pembentukan kristal Barium M-Heksaferrit. Analisis termal yang dilakukan adalah *Differential Thermo Analysis/ Thermo-Gravimetric Analysis* (DSC/TGA). Berikut ini adalah hasil kurva DSC/TGA prekursor hasil pengendapan dari proses kopresipitasi.

Dari gambar 2 dapat diamati penurunan massa sekitar 34% antara rentang 25-3500C yang mengidentifikasi penguapan air dan dekomposisi hidroksida ( $OH^-$ ). Puncak eksotermik diamati pada temperature 675,670C yang berhubungan dengan Kristalisasi Barium M-Heksaferrite. Hal sama juga diamati pada penelitian Hsing dan Yao (2007) yang mensintesis BaM dengan metode kopresipitasi, dimana kristalisasi BaM terdapat pada temperatur 7100<sup>o</sup> C.



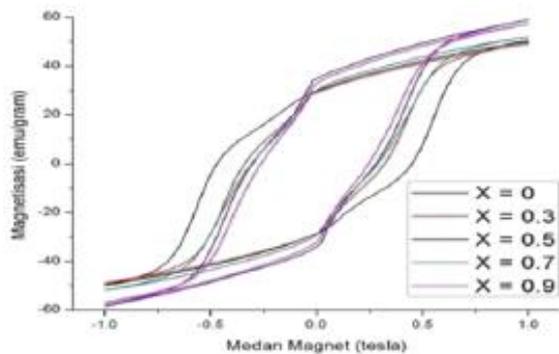
Gambar 2. Grafik DSC/TGA prekursor hasil pengendapan dari proses kopresipitasi

Dari hasil pengujian DSC/TGA diatas maka perlakuan panas untuk mendapatkan kristalin BaM dilakukan dengan temperatur 700, 800, 900, dan 10000C. Namun, pada penelitian ini hanya dilakukan kalsinasi pada suhu 10000C, karena berdasarkan penelitian Irwan, 2011 diperoleh serbuk BaM yang paling baik. Karakterisasi XRD dilakukan untuk mendeteksi fasa yang terdapat dalam sampel yang dilakukan pemanasan 10000C dan variasi konsentrasi doping yang berbeda maka dilakukan karakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Pada gambar 4 memperlihatkan pola difraksi sinar X sampel dengan konsentrasi doping yang berbeda. Terlihat pada gambar bahwa fasa Barium M-Heksaferrit yang terbentuk pada temperatur 10000C pada semua variasi konsentrasi doping.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X BaM doping Zn ( $BaFe_{12-x}Zn_xO_{19}$ )

Salah satu tujuan utama pada proses doping adalah merekayasa sifat kemagnetan Barium M-Heksaferrite. Berdasarkan hasil pengujian VSM terlihat konsentrasi doping  $x = 0.5$  medan koersivitasnya turun dan remanensi magnetiknya meningkat setelah proses doping. Dari hasil ini disimpulkan bahwa telah berhasil dilakukan reduksi sifat hard magnet dari BaM melalui mekanisme doping Zn. Reduksi sifat hard magnetik ini diharapkan dapat mereduksi frekuensi resonansi rugi magnetik BaM sebagai material penyerap gelombang mikro.

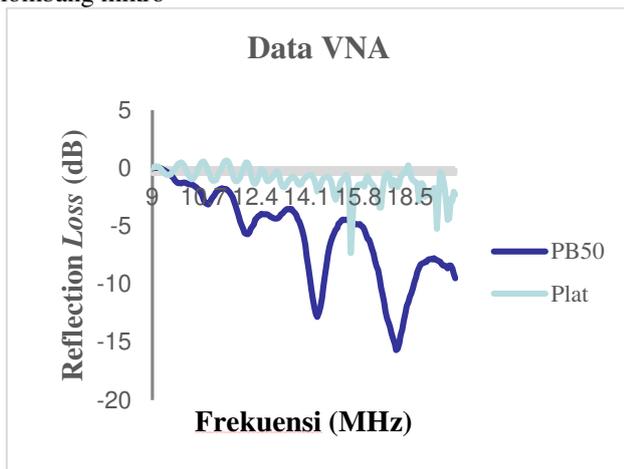


Gambar 4. Kurva histerisis BaM doping Zn ( $\text{BaFe}_{2x-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ ) dengan variasi konsentrasi doping

Tabel 3. Remanensi dan medan koersivitas BaM untuk konsentrasi doping yang berbeda-beda

Konsentrasi Doping	Remanensi (emu/gr)	Medan Koersivitas (T)
X = 0	29,32	0,46
X = 0,3	28,90	0,33
X = 0,5	53,82	0,29
X = 0,7	29,59	0,30
X = 0,9	32,55	0,26

Pengujian terakhir adalah *Vektor Network Analyzer* (VNA) untuk mengetahui besarnya penyerapan gelombang mikro



Gambar 5. Grafik hasil pengujian VNA

Dari hasil pengujian VNA didapatkan bahwa besar penyerapan gelombang mikro dari sinyal *handphone* sebesar -16dB ketika bahan dilapisi dengan BaM. Sedangkan ketika bahan tidak dilapisi dengan BaM besar penyerapannya sebesar -7 dB. Semakin rendah intensitas gelombangnya, maka semakin besar kemampuan penyerapannya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Barium M-Heksaferrit dengan kemurnian tinggi (>87%). Sifat magnetik BaM berhasil direduksi dengan konsentrasi doping optimum  $x = 0.5$  dengan medan koersivitas 0.29 T dan remanensi magnetik 33.82 emu/g. Besar penyerapan gelombang mikro pada bahan berpelapis BaM sebesar -16 dB, sedangkan ketika bahan tidak dilapisi dengan BaM, penyerapannya sebesar -7 dB. Semakin rendah intensitas gelombangnya, maka semakin besar kemampuan penyerapannya.

#### 5. REFERENSI

- [1] Abdullah Mikrajuddin dan Khairurrijal, 2008, Review: Karakterisasi Nanomaterial, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, Vol. 2 No.1
- [2] Zainuri M., 2010, *Laporan Akhir Studi Absorpsi Elektromagnetik pada M-Hexaferrites untuk Aplikasi Anti Radar*, ITS, Surabaya
- [3] D.Bahadur, 2006, *J.Chemical Science*, pp. 5-21
- [4] Dunlop, David, J. 1997. *Rock Magnetism : Fundamentals and Fronteers*,
- [5] Feng Y.B., Qiu T., Shen C.Y., 2007, Absorbing Properties and Structural Design of Microwave Absorbers Based on Carbonyl Iron and Barium Ferrite, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, pp. 8-13
- [6] Hahn Dong W., Han Young Ho, 2006, Co<sub>2</sub>Z Type Hexagonal Ferrites Prepared by Sol-gel Method, *Materials Chemistry and Physics*, pp. 248-251
- [7] Halliday, D dan Resnick, R, 1989, *Fisika Jilid 2 Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto*, Jakarta, Erlangga
- [8] Kaczmarek, W. A., B. Idzikowski, K.H. Muller, 1998, *J. Magn. Mater.*, pp. 921