**Penyerap Gelombang Mikro Berbasis**

**Neodimium Barium Ferit Berbahan Dasar**

**Pasir Besi Binangun Cilacap**

### **Aris Setiawan\*, Wahyu Widanarto, Mukhtar Effendi**

*Jurusan / Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman*

*Jl. Dr. Soeparno 61 Purwokerto 53123, Indonesia*

\*corresponding author : [aris.setiawan.siringoringo@gmail.com](mailto:aris.setiawan.siringoringo@gmail.com)

**Abstrak**

Saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), peralatan elektronik seperti *microwave* *oven* dan alat komunikasi seperti *handphone* merupakan sumber-sumber yang dapat menghasilkan radiasi gelombang elektromagnetik. Penggunaan perangkat elektronik yang jumlahnya semakin meningkat dapat mengakibatkan peningkatan gelombang elektromagnetik dalam bentuk radisasi gelombang mikro yang teradiasi ke lingkungan. Radiasi gelombang mikro tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia, seperti meningkatnya detak jantung, timbul rasa gelisah dan tidak fokus. Selain itu, radiasi dari transmisi listrik tegangan tinggi dapat memicu seseorang mengidap leukemia, limfoma, infertilitas pada pria, serta *neurosis* atau gangguan saraf pada manusia. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan material yang mampu meredam atau menyerap gelombang mikro agar tidak berbahaya bagi manusia. Pasir besi merupakan sumberdaya alam yang memiliki potensi menjadi bahan industri bernilai tinggi apabila diolah berdasarkan sifat–sifat kemagnetannya. Sebuah material penyerap gelombang mikro neodimium barium ferit dengan komposisi kimia 0,8*BaO* : 0,2*Nd2O3* : 6*Fe2O3* berbahan dasar pasir besi Binangun, Cilacap dibuat menggunakan metode *solid* *state* *reaction*. Material ini dikarakterisasi menggunakan *XRD*, *VSM*, dan *VNA*. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa material neodimium barium ferit sudah tepat dijadikan sebagai material penyerap gelombang mikro. Hasil *reflection loss* *microwave* mencapai 25 dB, material tersebut sangat bagus untuk melakukan penyerapan gelombang mikro. Bahkan dapat juga digunakan sebagai material anti-*radar*. Tahap realisasi ke depan, material ini dapat dijadikan campuran pada cat tembok guna menyerap gelombang mikro yang ada di lingkungan sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat umum.

**Kata kunci**: radiasi gelombang mikro, neodimium barium ferit, material penyerap gelombang mikro.

**PENDAHULUAN**

Saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET), peralatan elektronik seperti *microwave* *oven*, dan alat komunikasi seperti *handphone* merupakan sumber-sumber yang dapat menghasilkan radiasi gelombang elektromagnetik [10]. Penggunaan perangkat elektronik yang jumlahnya semakin meningkat dapat mengakibatkan peningkatan gelombang elektromagnetik dalam bentuk radisasi gelombang mikro yang teradiasi ke lingkungan. Radiasi gelombang mikro tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia, seperti meningkatnya detak jantung, timbul rasa gelisah dan tidak fokus [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan material yang mampu meredam atau menyerap gelombang mikro agar tidak berbahaya bagi manusia.

Barium ferit (*BaFe12O19*) merupakan sintesis dari pasir besi yang memiliki potensi menjadi bahan industri bernilai tinggi apabila diolah berdasarkan sifat–sifat kemagnetannya [9]. *BaFe12O19*dengan magnetisasi saturasi yang relatif besar (78 emu/g), koersivitas tinggi (6700 Oe) [8], medan anisotropi (*HA*) yang lebar sehingga frekuensi resonansi yang tinggi menjadikan material tersebut dapat diaplikasikan sebagai penyerap gelombang elektromagnetik pada frekuensi GHz [4]. Substitusi *Fe*3+ dengan material tanah jarang atau *rare earth* (*RE*) seperti *neodymium* (*Nd*3+) dapat menggeser frekuensi resonansi alam dari barium ferit yang menyebabkan sifat penyerapannya semakin baik [4].

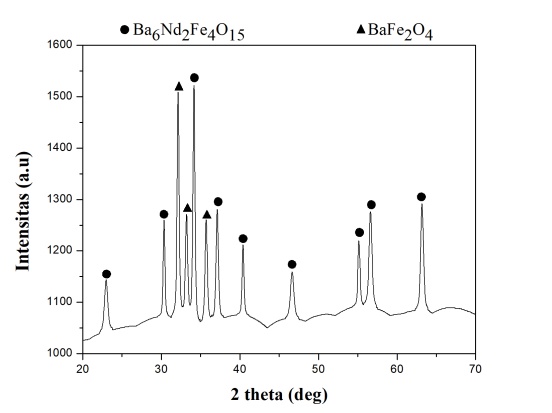
Penelitian mengenai barium ferit (*BaFe12O19*) dengan *dopan* dan berbagai metode sebagai penyerap gelombang mikro berkembang sangat pesat. Penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan material *Ba1-xNdxFe12O19* (x= 0–0,2) menggunakan metode hibrid *sol-gel* menghasilkan konsentrasi optimum *Nd3*+ sebesar 0,2 mol dalam pembuatan material *Ba1-xNdxFe12O19* dan penyerapan *microwave* terbaik yaitu 42,71 dB pada 8,44 GHz [1]. Akan tetapi, metode *sol-gel* memiliki beberapa kekurangan seperti proses sintesis yang cukup lama dan memerlukan biaya yang mahal. Maka dari itu, perlu dikembangkan suatu metode yang lebih mudah dan efisien untuk mensintesis *Ba1-xNdxFe12O19*, salah satunya adalah metode *solid* *state* *reaction*. Metode *solid state reaction* telah dilakukan untuk sintesis material *BaLaxFe12-xO19* (x= 0-0,2) sebagai penyerap gelombang mikro yang mampu menghasilkan nilai serapan *microwave* sebesar 52,31 dB pada 11,68 GHz [2]. Metode *solid* *state* *reaction* digunakan dalam penelitian ini untuk mensintesis bahan *Ba1-xNdxFe12O19* yang diharapkan memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap gelombang mikro.

**METODE PENELITAN**

Material magnetik neodimium barium ferit dengan komposisi kimia (*1- x*)*BaO* : (*x*)*Nd2O3* : 6*Fe2O3* dengan x= 0,2 mol dibuat melalui *solid* *state* *reaction* pada temperatur *sintering* 1000 °C. Komersial material BaCO3 dan Nd2O3 dan pasir besi Binangun. Pasir besi Desa Widara payung Kecamatan Binangun Kabupaten Cilacap mengandung 70% *Fe3O4* [5]. Material-material tersebut dicampur menggunakan *magnetic* *stirrer* dalam gelas ukur 100 mL selama 2 jam agar homogen. Campuran dipadatkan menggunakan alat *press* mekanik (KRISBOW-10 ton) dengan beban untuk menekan seberat 1 ton ditahan selama 5 menit, membentuk sebuah *pellet* dengan diameter ± 1,3 cm dan ketebalan 0,4 cm. Namun, untuk uji absorpsi gelombang mikro sampel dibentuk dengan ukuran 2,5 x 1,5 mm dan ketebalan 1 mm. Kemudian *pellet-pellet* di*sintering* pada temperatur 800 °C ditahan selama  
1 jam, dilanjutkan dengan *sintering* pada temperatur 1000 °C ditahan selama 5 jam. Setelah itu *pellet-pellet* magnetik dikarakterisasi menggunakan XRD, VSM, dan VNA masing-masing digunakan untuk menentukan struktur dan komposisi, sifat-sifat magnetik, dan absorbsi gelombang mikro.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

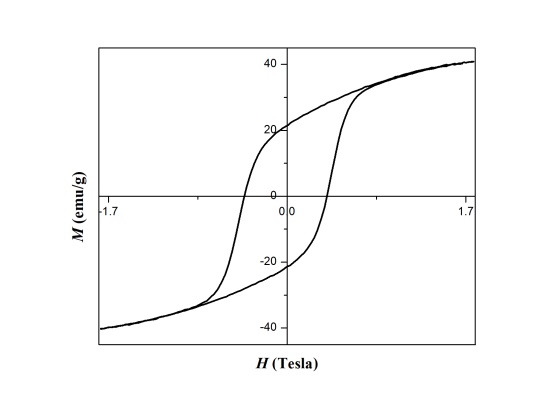
Gambar 1. merepresentasikan pola difraksi neodimium barium ferit. Puncak-puncak difraksi didominasi oleh neodimium barium ferit (*Ba6Nd2Fe4O15*) dan barium ferit (*BaFe2O4*) sebagai fase minor. Fase *Ba6Nd2Fe4O15* dengan intensitas tertinggi terbentuk pada sudut 34,133° dengan struktur kristal *hexagonal* (ICDD nomor 01-079-2141). Sedangkan fase *BaFe2O4* dengan intensitas tertinggi terbentuk pada sudut 32,115°. Struktur kristal untuk fase *BaFe2O4* adalah *orthorhombic* (ICDD nomor  
01-077-2337). Hasil tersebut menunjukkan bahwa neodimium barium ferit telah berhasil disintesis dengan metode *solid* *state* *reaction* dan temperatur *sintering* 1000 °C.



**Gambar 1.** Pola XRD dari neodimium barium ferit.

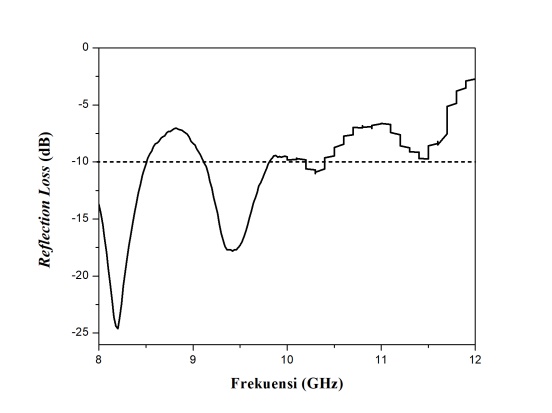
Gambar 2. menunjukkan kurva histeresis magnetik *M-H* dari neodimium barium ferit. Berdasarkan kurva tersebut sifat-sifat magnetik yang meliputi nilai magnetisasi saturasi (𝑀𝑠), magnetisasi remanen (𝑀𝑟), medan koersivitas (𝐻𝑐), dan medan magnet maksimum (𝐻𝑚𝑎𝑘𝑠) dapat ditentukan. Berdasarkan kurva tersebut diperoleh nilai 𝑀𝑠 40,86 emu/g, 𝑀𝑟 21,20 emu/g  
𝐻𝑐 sebesar 0,392 Tesla, dan 𝐻*maks* sebesar 1,785 Tesla.

Sifat magnetik juga erat hubungannya dengan nilai suseptibilitas (𝜒𝑚) dan permeabilitas relatif (𝜇𝑟). Suseptibilitas dan permeabilitas dapat diketahui melalui perhitungan menggunakan dan . Hasil perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai suseptibilitas 7,5×10-6 dan permeabilitas 1.000008. Nilai tersebut menunjukkan bahwa material ini tergolong dalam superparamagnetik. Nilai permeabilitas suatu material mendekati nilai permeabilitas vakum sebesar satu maka akan terjadi impedansi, sehingga besar *reflection loss* yang dihasilkan cukup bagus [6].



**Gambar 2.** Kurva histeresis magnetik dari neodimium barium ferit.

Serapan gelombang mikro pada suatu material dapat diketahui melalui pengujian menggunakan *Vector* *Network* *Analyzer* (VNA-*Advantest* R3770). Prinsip kerja alat ini adalah dengan menembakkan gelombang mikro dengan frekuensi 8-12 GHz  
(X*-band*) pada suatu material. Material tersebut akan berinteraksi terhadap gelombang yang datang. Interaksi tersebut akan menghasilkan nilai parameter-parameter *S*. Neodimium barium ferit yang diperoleh mampu menyerap gelombang mikro seperti terlihat dalam Gambar 3. Penyerapan dengan *RL* sebesar  
-24,6; -17,8; dan -11 dB masing-masing terjadi pada 8,2; 9,42; dan 10,34 GHz dengan lebar pita 1,38 GHz. Lebar pita dinyatakan sebagai sebuah interval frekuensi, dimana *RL* lebih dari -10 dB [7]. Tentunya lebar pita ini masih sangat kecil sehingga upaya baru masih perlu dilakukan untuk memperluas lebar pita. Namun demikian, *Nd*3+ dalam barium ferit sangat menjanjikan digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro dalam X*-band*.



**Gambar 3.** *Reflection* *loss* dari neodimium barium ferit.

**KESIMPULAN**

Material magnetik neodimium barium ferit telah berhasil dibuat menggunakan metode *solid* *state* *reaction* dengan komposisi (*1-x*)*BaO*: (*x*)*Nd2O3*: 6*Fe2O3*; x= 0,2 mol pada temperatur *sintering*  
1000 °C. Material ini memiliki kemampuan menyerap gelombang mikro dengan *RL* sebesar -24,5 dB. Kemampuan ini masih perlu dioptimasi. Namun demikian material ini mempunyai prospek yang bagus sebagai penyerap gelombang mikro.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada Dr. –Ing. R. Wahyu Widanarto dan Dr. -Eng. Mukhtar Effendi selaku pembimbing serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

**REFERENSI**

Ardenti, E., 2016. Pembuatan Barium Neodimium Ferit Menggunakan Metode Hibrid *Sol-Gel* Sebagai Penyerap Gelombang Mikro dan Karakterisasinya*.* FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman: Skripsi.

Amirudin, F., 2015. Pengaruh *La*3+ Terhadap Struktur Sifat Magnetik, dan Absorpsi Gelombang Mikro Barium Ferit Alam. FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman: Skripsi.

Karkirde, A., Sinha, B., Sinha, S.N. 2008. *Development* *and* *Characterisation* *of* *Nickel-Zinc* *Spinel* *Ferrite* *for* *Microwave* *Absorption* *at* 2-4 *GHz*, *Bull Matter Sci*. Vol. 31 No. 5. Indian Academi Science pp 767-770.

Li, C.-J., Wang, B., Wang, J.-N. 2012. *Magnetic* *and* *Microwave* *Absorbing Properties* *of* *Electrospun* *Ba(1-x)LaxFe12O19* *Nanofibers*. J. Magn. Mater, 324, 1305-1311.

Nugraha, P.R., Widanarto, W., Cahyono, W.T. & Kuncoro, H.S., 2015. Pengaruh aditif *BaCO3* pada kristalinitas dan Suseptibilitas Barium Ferit dengan Metoda Metalurgi Serbuk Isotropik. *Berkala Fisika* Vol. 18, No. 1, pp.43-50.

Rahayu, F.M., 2014. Pengaruh *ZnO* terhadap Struktur, Sifat Magnetik, dan Absorpsi Gelombang Mikro Material Stronsium Ferit. FMIPA, Purwokerto: UNSOED.

S.S.S. Afghahi, M. Jafarian, Y. Atassi, Microstructural and magnetic studies on BaMgxZnxX2xFe12−4xO19 (X=Zr,Ce,Sn) prepared via mechanical activation method to act as a microwave absorber in X-band, J. Magn. Magn. Mater. 406, 2016, pp. 184–191.

Tang, X., X. 2005. *Influence* *of* *Synthesis* *Variables* *on* *The* *Phase* *Component* *and* *Magnetic* *Properties* *of* *M* *Hexaferrite* *Powders* *Prepared* *Via* *Sugar* *Process*. Journal Of Material Science. ISSN 0022.

Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W. 2003. *Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations in Central Java*. Kontribusi Fisika Indonesia, Vol. 14 No.2.

Zvezdin, A.K., Logginov, A.K., Meshkov, G.A. & Pyatakov, A.P., 2007. Zvezdin A.K, Logginov A.S, Meshkov G.A, Pyatakov A.P, Multiferroics: Promising Materials For Microelectronics Spintronics, and Sensor Tecnique. Bulletin of the Rusian Academy of Science: Physics.