

Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Magnetik Magnet Barium Ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat

Muhammad Rizki*, Arif Budiman, Dwi Puryanti

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

*muhammadrizki@live.co.uk

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis magnet ferit menggunakan metode metalurgi serbuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur sintering terhadap sifat magnetik barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$). Barium ferit dibuat dengan cara mencampurkan hematit hasil oksidasi magnetik pasir besi Batang Sukam dengan barium karbonat. Campuran tersebut kemudian dikalsinasi pada temperatur 800 °C, dikompaksi dan disintering pada temperatur 800 °C, 900 °C, dan 1000 °C. VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) digunakan untuk menentukan sifat magnetik. Hasil VSM menunjukkan bahwa pada sampel yang disintering pada temperatur 800 °C memiliki magnetisasi saturasi (M_{sat}) sebesar 10,20 emu/g, magnetisasi remanen (M_{IRM}) sebesar 1,52 emu/g, dan medan koersivitas (H_C) sebesar 288,74 Oe. Sampel yang disintering pada temperatur 900 °C memiliki magnetisasi saturasi (M_{sat}) sebesar 4,58 emu/g, magnetisasi remanen (M_{IRM}) sebesar 1,51 emu/g, dan medan koersivitas (H_C) sebesar 1433 Oe. Sampel yang disintering pada temperatur 1000 °C memiliki magnetisasi saturasi (M_{sat}) sebesar 4,24 emu/g, magnetisasi remanen (M_{IRM}) sebesar 1,40 emu/g, dan medan koersivitas (H_C) sebesar 1466 Oe. Temperatur sintering yang semakin meningkat menghasilkan sampel dengan magnetisasi saturasi yang rendah, magnetisasi remanen yang hampir sama dan medan koersivitas yang tinggi.

Kata kunci: perubahan fasa, sintering, barium ferit, *Vibrating Sample Magnetometer*, magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen dan medan koersivitas

ABSTRACT

*It has been done research about synthesized of ferrite magnets using powder metallurgy method. The purpose of this research was to determine the effect of sintering temperature on the magnetic properties of barium ferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$). Barium ferrite is made by mixing hematite, obtained from the oxidation of magnetite iron sands from Batang Sukam and barium carbonate. The mixture of this material was calcinated at 800 °C, compacted and sintered at 800 °C, 900 °C, and 1000 °C. VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) was used to determine magnetic properties of samples. The VSM data showed that sample that sintered at 800 °C has a magnetic saturation (M_{sat}) of 10.20 emu/g, remanent magnetization (M_{IRM}) of 1.52 emu/g, and koersivity field (H_C) of 288.74 Oe. Sample that sintered at 900 °C has a magnetic saturation (M_{sat}) of 4.58 emu/g, remanent magnetization (M_{IRM}) of 1.51 emu/g, and koersivity field (H_C) of 1433 Oe. Sample that sintered at 1000 °C has a magnetic saturation (M_{sat}) of 4.24 emu/g, remanent magnetization (M_{IRM}) of 1.40 emu/g, and koersivity field (H_C) of 1466 Oe. The increase of sintering temperature produced sample with low magnetic saturation, remanent magnetization values are almost the same and high koersivity field.*

*Keywords: phase change, sintering, barium ferrite, *Vibrating Sample Magnetometer*, magnetic saturation, magnetic remanent, and koersivity field*

I. PENDAHULUAN

Magnet merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan manusia masa kini. Magnet terdiri dari magnet permanen dan tidak permanen. Magnet permanen yang banyak diproduksi dan dikembangkan adalah magnet heksaferit tipe-M, ($\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$; M = Ba, Sr, dan Pb) yaitu barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), stronsium ferit ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan timbal ferit ($\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$). Magnet ini memiliki stabilitas kimia yang sempurna, daya tahan termal yang baik, ketahanan terhadap korosi, sifat listrik dan magnetik yang baik. Oleh karena itu magnet ini banyak digunakan sebagai komponen pada perangkat perekam, telekomunikasi, magneto optik dan *microwave* (Kucuk dkk, 2011; Soloveva dkk, 2011; Nourbakhsh dkk, 2011).

Bahan yang digunakan dalam mensintesis magnet heksaferit tipe-M adalah hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) sebagai bahan baku ditambah zat aditif yaitu barium karbonat (BaCO_3), stronsium

karbonat (SrCO_3) dan timbal karbonat (PbCO_3). Beberapa metode yang digunakan untuk mencampurkan bahan baku dan zat aditif tersebut adalah *solid state reaction* (reaksi padatan), *sol-gel*, *co-precipitation* dan *powder metallurgy* (metalurgi serbuk) (Anjum dkk, 2017). Metode metalurgi serbuk merupakan metode yang paling banyak digunakan karena mudah untuk melakukan kontrol kualitas dan kuantitas material dan sangat ekonomis karena tidak ada material yang terbuang selama proses berlangsung. Proses sintesis magnet ferit secara umum meliputi proses pencampuran bahan baku dan zat aditif, kalsinasi, pemampatan, dan sintering. Oleh karena itu sifat-sifat magnet ferit sangat bergantung pada komposisi massa antara bahan baku dan zat aditif, jenis dan kombinasi zat aditif, temperatur dan waktu kalsinasi dan sintering yang digunakan (Billah, 2006).

Hematit dapat diperoleh dari hasil oksidasi magnetit. Magnetit terdiri dari magnetit alami dan magnetit buatan. Magnetit alami memiliki tingkat kemurnian yang lebih rendah, tetapi dapat diperoleh dengan mudah karena sumbernya yang melimpah di alam. Magnetit buatan memiliki tingkat kemurnian yang lebih tinggi tetapi memiliki harga yang mahal. Sumber dari magnetit alami salah satunya adalah berasal dari pasir besi. Pasir besi dapat ditemukan di daerah pantai dan sungai.

Batang Sukam Sijunjung Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi bahan galian yaitu emas, yang secara tradisional dieksploitasi oleh masyarakat dengan menggunakan cara dan teknik sederhana yang dikenal dengan mendulang emas (Refles, 2012). Sisa pendulangan emas ini berupa pasir besi, pasir besi tersebut mengandung mineral magnetik dengan nilai suseptibilitas yang cukup tinggi (Siregar dan Budiman, 2015) dan didominasi oleh mineral magnetik (Nengsi dan Budiman, 2016).

Beberapa peneliti sebelumnya telah memanfaatkan pasir besi dari Batang Sukam untuk pembuatan magnet heksaferit tipe-M dengan menggunakan metode metalurgi serbuk. Hayati dkk (2016) telah melakukan karakterisasi magnet barium ferit berdasarkan nilai suseptibilitasnya. Sintesis magnet barium ferit dilakukan dengan memvariasikan massa barium karbonat dengan hematit dengan menggunakan temperatur kalsinasi dan sintering $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa magnet barium ferit yang mempunyai nilai suseptibilitas tertinggi yaitu $549,9 \times 10^{-8}\text{ m}^3/\text{kg}$ disintesis dari perbandingan massa barium dengan hematit yaitu 1 : 4. Budiman dkk (2016) juga telah melakukan karakterisasi magnet stronsium ferit ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) berdasarkan struktur kristal dan nilai suseptibilitasnya. Sintesis stronsium ferit ini dilakukan dengan mencampurkan 17 g hematit dengan 3 g stronsium karbonat lalu disintering dengan temperatur $1000\text{ }^\circ\text{C}$ tanpa proses kalsinasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel yang dihasilkan memiliki struktur kristal heksaferit dengan nilai suseptibilitas $266,7 \times 10^{-8}\text{ m}^3/\text{kg}$. Selanjutnya Budiman dkk (2017) juga telah melakukan karakterisasi magnet barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) berdasarkan perubahan fasa dan nilai suseptibilitas magnetiknya. Sintesis barium ferit ini dilakukan dengan menggunakan temperatur kalsinasi yang tetap yaitu $800\text{ }^\circ\text{C}$ dan memvariasikan temperatur sintering yaitu $800\text{ }^\circ\text{C}$, $900\text{ }^\circ\text{C}$, $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Dari ketiga sampel yang dihasilkan pada penelitian, sampel yang disintering pada temperatur $1000\text{ }^\circ\text{C}$ memiliki fasa barium ferit yang paling dominan dan nilai suseptibilitas tertinggi dimiliki oleh sampel yang disintering dengan temperatur $800\text{ }^\circ\text{C}$ yaitu sebesar $887,1 \times 10^{-8}\text{ m}^3/\text{kg}$.

Selanjutnya penelitian yang telah dilakukan merupakan lanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Budiman dkk (2017). Pada penelitian ini sampel dikarakterisasi berdasarkan sifat magnetik yaitu magnetisasi saturasi (M_{sat}), magnetisasi remanen (M_{IRM}) dan medan koersivitas (H_c).

II. METODE

Adapun tahapan pada penelitian ini meliputi pemisahan mineral magnetik pasir besi, sintesis hematit, sintesis stronsium ferit, karakterisasi sampel dan analisis data.

2.1 Pemisahan Mineral Pasir Besi

Proses pemurnian sampel adalah sebagai berikut:

1. Pasir besi dicuci menggunakan aquades sebanyak lima kali sampai air cucian tidak berwarna.

2. Pasir besi yang telah dicuci dikeringkan di udara terbuka selama 24 jam.
3. Pasir besi yang telah dikeringkan di udara terbuka dikeringkan kembali menggunakan *oven* dengan temperatur 100 °C selama 4 jam.
4. Pasir besi yang sudah kering kemudian dipisahkan menggunakan magnet permanen untuk memisahkan mineral magnetik dengan mineral non-magnetik.
5. Mineral magnetik yang sudah dipisahkan digerus sampai sampel dapat melewati ayakan ukuran 200 mesh.
6. Mineral magnetik yang sudah digerus dan diayak tersebut dipisahkan kembali menggunakan magnet permanen hingga tidak ada mineral yang menempel pada magnet.

2.2 Sintesis Hematit

Serbuk magnetit (Fe_3O_4) yang diperoleh pada langkah sebelumnya diambil sebanyak 200 g lalu dioksidasi menggunakan furnace dengan temperatur 700 °C ditahan selama 3 jam. Hal ini dilakukan untuk mengoksidasi magnetit (Fe_3O_4) menjadi hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) (Budiman dkk, 2016).

2.3 Sintesis Hematit

Proses sintesis barium ferit adalah sebagai berikut:

1. Hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) hasil oksidasi sebanyak 16,00 g dicampur dengan barium karbonat (BaCO_3) sebanyak 4,00 g (Hayati dkk, 2016)
2. Selanjutnya campuran kedua bahan tersebut digerus menggunakan lumpang dan alu selama 2,0 jam, lalu dikalsinasi pada temperatur 800 °C dan ditahan selama 3,0 jam.
3. Hasil kalsinasi digerus selama 1 jam kemudian dicampur dengan larutan PVA dan diaduk hingga rata. Larutan PVA ini dibuat dari 2,0 g serbuk PVA yang dilarutkan dengan aquades 20 ml dan dipanaskan pada temperatur 100 °C selama 1 jam sambil diaduk menggunakan magnetik stirrer hingga larutan menyatu dan menjadi gel.
4. Dilakukan kompaksi menggunakan alat pencetak pelet untuk membentuk sampel menjadi silinder. Sampel hasil kompaksi kemudian disintering dalam *furnace* pada temperatur 800 °C, 900 °C, dan 1000 °C ditahan selama 3,0 jam.

2.4 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi sampel meliputi penentuan nilai dari besaran-besaran magnetik dari sampel tersebut. Besaran-besaran magnetik tersebut yaitu magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen, dan medan koersivitas dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) pada dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Jakarta

2.5 Analisis Data

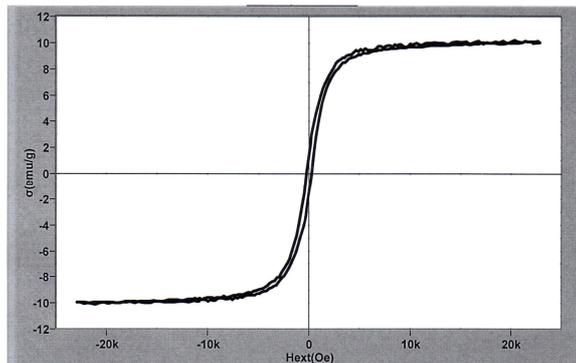
Analisis data dilakukan pada data yang diperoleh dari VSM. Hal ini dilakukan untuk menentukan barium ferit yang mempunyai sifat yang paling tinggi dari variasi suhu sintering barium karbonat yang digunakan.

III. HASIL DAN DISKUSI

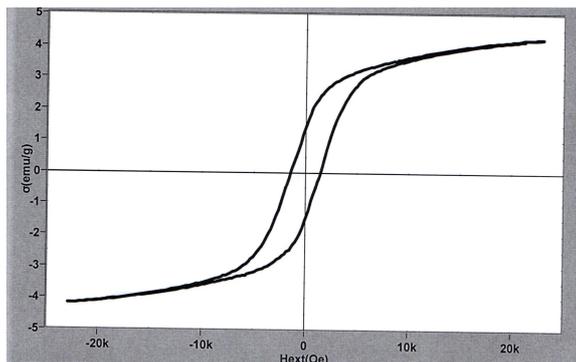
Hasil VSM untuk sampel barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) yang disintering pada temperatur 800 °C, 900 °C dan 1000 °C berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3 dan Tabel 1. Dari ketiga gambar terlihat bahwa sampel yang disintering pada temperatur 800 °C paling mudah termagnetisasi. Magnetisasinya meningkat secara cepat terhadap medan magnetik luar. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut paling rentan terhadap medan magnetik luar. Hasil tersebut bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan Budiman dkk (2017) bahwa nilai suseptibilitas yang paling tinggi diperoleh pada sampel yang disintering pada temperatur 800°C. Nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan kerentanan suatu bahan terhadap pengaruh medan magnet luar. Semakin tinggi nilai suseptibilitas maka kerentanan bahan terhadap pengaruh medan magnet luar akan semakin besar. Disamping itu dari Tabel 1 sampel yang disintering pada temperatur 800 °C ini memiliki nilai saturasi yang paling tinggi yaitu sebesar 10,20 emu/g.

Tingginya magnetisasi saturasi pada sampel tersebut menunjukkan bahwa sampel tersebut dapat dipengaruhi oleh medan magnetik luar lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.

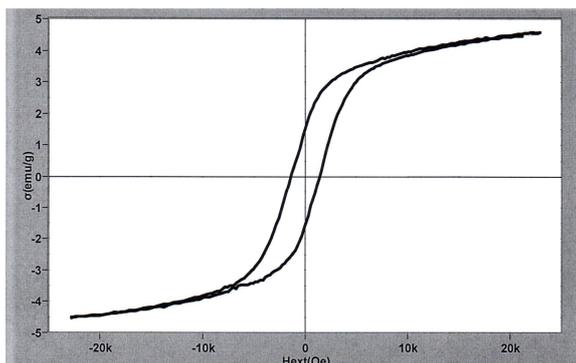
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa magnetisasi remanen pada ketiga sampel yang disintering pada temperatur 800 °C, 900 °C dan 1000 °C berturut-turut adalah sebesar 1,52 emu/g, 1,51 emu/g dan 1,40 emu/g. Magnetisasi remanen pada ketiga sampel memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga sampel memiliki kemampuan yang hampir sama untuk menyimpan medan magnet luar.



Gambar 1 Kurva Histerisis sampel yang disintering pada temperatur 800 °C



Gambar 2 Kurva Histerisis sampel yang disintering pada temperatur 900 °C



Gambar 3 Kurva Histerisis sampel yang disintering pada temperatur 1000 °C

Tabel 1 Besaran magnetik sampel barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) yang di sintering pada temperatur 800 °C, 900 °C dan 1000 °C

Temperatur Sintering	M_{sat}	M_{IRM}	H_C
800 °C	10,20	1,52	288,74
900 °C	4,58	1,51	1433,00
1000 °C	4,24	1,40	1466,00

Dari Gambar 1 sampai 3 juga terlihat bahwa sampel yang disintering pada temperatur 800 °C merupakan kurva yang paling tipis. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki nilai koersivitas yang paling kecil yaitu sebesar 288,74 Oe. Sedangkan untuk sampel yang disintering pada temperatur 900 °C dan 1000 °C memiliki bentuk kurva yang tebal, ini menunjukkan sampel tersebut memiliki nilai koersivitas yang tinggi berturut-turut yaitu sebesar 1433 Oe dan 1466 Oe. Nilai koersivitas merupakan besaran magnetik yang berhubungan dengan mudah atau tidaknya magnetisasi pada suatu bahan dihilangkan.

Berdasarkan analisis nilai magnetisasi remanen dan medan koersivitas dapat disimpulkan bahwa ketiga sampel memiliki kemampuan menyimpan medan magnetik yang hampir sama, tetapi kemampuan untuk mempertahankan medan magnetiknya berbeda. Sampel yang disintering pada temperatur 900 °C dan 1000 °C memiliki nilai besaran magnetik yang hampir sama dan lebih besar dibandingkan sampel yang disintering pada temperatur 800 °C. Penggunaan temperatur sintering yang tinggi menyebabkan sampel memiliki besaran-besaran magnetik yang menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki sifat magnet permanen yang lebih kuat, yang dapat dilihat dari nilai magnetisasi saturasi pada bahan yang menurun dan nilai medan koersivitasnya yang meningkat. Hal ini disebabkan karena pada sampel yang disintering pada temperatur yang lebih tinggi telah terbentuk fasa magnet heksaferit tipe-M yaitu fasa barium ferit yang lebih dominan seperti yang didapatkan pada hasil uji sampel menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) pada penelitian Budiman dkk (2017).

IV. KESIMPULAN

Magnetisasi saturasi pada sampel yang disintering pada temperatur lebih rendah memiliki nilai yang paling tinggi dibanding sampel lainnya, yang berarti sampel ini lebih mudah untuk dipengaruhi oleh medan magnetik luar. Magnetisasi remanen pada ketiga sampel tersebut relatif sama jadi tidak berpengaruh pada temperatur sintering. Penggunaan temperatur sintering yang lebih tinggi menghasilkan nilai medan koersivitas yang lebih tinggi pada sampel. Ini menunjukkan bahwa sampel yang disintering pada temperatur yang lebih tinggi memiliki sampel sampel dengan magnetisasi saturasi yang rendah, magnetisasi remanen yang hampir sama dan medan koersivitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjum, S., Hameed, S., Awan, S.U., Ejaz Amed,E., and Sattar, A., 2017, Effect of Strontium doped M-Type Barium Hexa-ferrites on Structural, Magnetic and Optical Properties, *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 131: 977–985.
- Budiman, A., Puryanti, D., Mulyadi, S., Rizki, M., dan Syukriani, H., 2016, Karakterisasi Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Magnet Stronsium Ferit Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat, *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya Universitas Sebelas Maret*, Hal 38-41, Surakarta.
- Budiman, A., Puryanti, D., Rizki, M., dan Syukriani, H., 2017, Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Suseptibilitas Magnetik dan Perubahan Fasa Barium Ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat, *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan MIPAnet 2017*, Hal 249-254, Manado.
- Billah, A., 2006, Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Stronsium Ferit dengan Bahan Dasar Pasir Besi, *Skripsi*, FMIPA, UNNES, Semarang.
- Hayati, R., Budiman, A., dan Puryanti, D., 2016, Karakterisasi Suseptibilitas Magnet Barium Ferit yang Disintesis dari Pasir Besi dan Barium Karbonat Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk, *Jurnal Fisika Unand* (JFU), Vol. 5, No. 2, Hal 182-187, FMIPA, Padang.
- Kucuk, I., Sozeri, H. and Ozkan, H., 2011, Modeling of Magnetic Properties of Nanocrystalline La-doped Barium Hexaferrite, *Supercond. Nov. Magn.* 24:1333–1337.
- Nengsi, S. W., dan Budiman, A., 2016, Karakterisasi Struktur Kristal dan Sifat magnetit Maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) Yang Dioksidasi Dari Magnetit (Fe_3O_4) Dari Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat Dengan Variasi Waktu Oksidasi, *Jurnal Fisika Unand* (JFU), Vol 5, No.3, Hal 248-251, FMIPA, Padang.

- Nourbakhsh, A.A., Noorbakhsh, M. Nourbakhsh, M, Shaygan, M., and Mackenzie, K.J.D., 2011, The Effect of nano Sized $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ Additions on The Magnetic Properties Of Chromium-Doped Strontium-Hexaferrite Ceramics, *Mater. Sci. Mater. Electron.* 22:1297–1302.
- Refles, 2012, Kegiatan Pertambangan Emas Rakyat dan Implikasinya Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat di Kenagarian Mudam Sakti Kecamatan IV Nagari Kabupaten Sijunjung, *Skripsi*, Program Studi Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- Siregar, S. dan Budiman, A., 2015, Penentuan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Pasir Besi Sisa Pendulangan Emas di Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat, *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, Vol. 4, No. 4, Hal 344-349, FMIPA, Padang.
- Soloveva, E.D., Pashkova, E.V., Belous, and Fractal A.G., 2011, Structure of Precursors and Phase Transformations in The Sol-Gel Synthesis Of Nanoparticulate M-Type Barium Hexaferrite, *Inorg. Mater.* 47:1258–1263.