

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI MAGNET PERMANEN BaO.(6-x)Fe₂O₃ DARI BAHAN BAKU LIMBAH Fe₂O₃

Sri Handani¹, Sisri Mairoza¹ dan Muljadi²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

²Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Email: shandani69@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan keramik magnet *Barium-Ferite* (BaO.(6-x)Fe₂O₃) dari bahan baku BaCO₃ dan Fe₂O₃ dengan metode metalurgi serbuk. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variabel komposisi (BaO.6,5Fe₂O₃, BaO.6Fe₂O₃, dan BaO.5,5Fe₂O₃) dan suhu sinter (1000 °C, 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C) terhadap densitas, porositas, kuat medan magnet dan titik kritis bahan magnet yang diperoleh. Nilai densitas tertinggi yang diperoleh adalah pada sampel BaO.6,5Fe₂O₃ yaitu 4,383 g/cm³ pada suhu sinter 1200 °C, dan densitas terendah pada sampel BaO.6,5Fe₂O₃ yaitu 3,444 g/cm³ pada suhu sinter 1000°C. Nilai porositas tertinggi diperoleh pada sampel BaO.6,5Fe₂O₃ yaitu 35,490% pada suhu sinter 1000°C dan porositas terendah pada sampel BaO.6Fe₂O₃ yaitu 12,720% pada suhu sinter 1200°C. Dari hasil pengukuran kekuatan magnet menunjukkan bahwa kuat medan magnet tertinggi pada sampel BaO.5,5Fe₂O₃ yaitu 420 Gauss pada suhu sinter 1100°C, sedangkan kuat medan magnet terendah diperoleh 120 Gauss pada bahan BaO.6,5Fe₂O₃ untuk suhu sinter 1200 °C. Kuat magnet untuk sampel BaO.6Fe₂O₃ hilang pada suhu 500 °C, sedangkan untuk bahan BaO.6,5Fe₂O₃ dan BaO.5,5Fe₂O₃ titik kritis terjadi pada suhu 550 °C.

Kata kunci: Keramik magnet, *Barium-Ferite*, metalurgi serbuk, *magnetic stirrer*, sinter, kalsinasi, densitas, porositas, magnetisasi, Gauss, titik kritis

1. PENDAHULUAN

Pembuatan magnet permanen telah dilakukan dengan berbagai metode dan bahan yang berbeda, diantaranya teknologi *powder metallurgy* dan *rapid solidification* (Manaf, 1995). Pada penelitian ini akan dibuat magnet permanen ferit BaO.(6-x)Fe₂O₃ dari bahan Fe₂O₃ yang merupakan limbah pabrik PT. Krakatau Steel. Selanjutnya akan dilihat pengaruh variabel komposisi dan suhu sinter terhadap karakteristik magnet yang dibuat. Teknologi proses yang digunakan adalah metalurgi serbuk. Penelitian tentang pembuatan bahan magnet dengan menggunakan bahan limbah (Fe₂O₃) ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif pembuatan bahan magnet, sehingga dapat memperkecil biaya produksi agar dapat bersaing di dunia industri, dengan menghasilkan sifat magnet permanen optimum.

2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah BaCO₃ dan Fe₂O₃. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah neraca Sartorius untuk menimbang serbuk bahan, *beaker glass* untuk tempat sampel, ayakan 170 mesh untuk mengayak serbuk Fe₂O₃, oven pengering untuk mengeringkan sampel dan alat penelitian, *magnetic stirrer* Cimarec2 untuk mencampur bahan serbuk BaCO₃ dan Fe₂O₃, alat cetak sistem press kering untuk mencetak sampel, tungku pembakaran suhu tinggi untuk proses kalsinasi dan sintering serta Gaussmeter untuk mengukur kuat magnet sampel.

Pembuatan Magnet Ba Ferit (BaO.6Fe₂O₃)

Serbuk Fe₂O₃ dan BaCO₃ ditimbang sesuai dengan variasi berat, kemudian serbuk Fe₂O₃, BaCO₃ dan air diaduk hingga tercampur rata menggunakan *magnetic stirrer*. Campuran sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 °C selama 1 hari untuk masing-masing variasi berat

Fe_2O_3 dan BaCO_3 . Sampel kering dikalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu $1100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Setelah dikalsinasi, sampel yang berupa padatan didinginkan pada temperatur kamar. Sampel yang telah dingin kemudian digerus dengan mortar dan diayak hingga kehalusan 170 mesh. Sampel yang telah halus, dicetak berbentuk pelet dengan menggunakan alat cetak *hydraulic power pump*. Hasil cetakan disinter dengan variasi suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$, $1050\text{ }^\circ\text{C}$, $1100\text{ }^\circ\text{C}$, $1150\text{ }^\circ\text{C}$ dan $1200\text{ }^\circ\text{C}$ dengan waktu penahanan masing-masing suhu selama 2 jam. Selanjutnya sampel didinginkan pada suhu kamar.

Pengujian Densitas dan Porositas Sampel

Sebelum dilakukan uji densitas dan porositas, sampel terlebih dahulu dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga terbenam secara keseluruhan, lalu direbus selama 2 jam. Gelas ukur diletakkan di atas pemanas untuk menjaga air tetap dalam suhu dididinya. Setelah 2 jam, sampel didinginkan pada suhu kamar dalam keadaan masih terendam air selama 12 jam.

Sampel yang telah dingin kemudian ditimbang massa basahnya. Sebelum pengukuran dilakukan, permukaan sampel dibalut dengan kain halus untuk menghilangkan air yang melekat pada permukaan sampel. Sampel yang telah ditimbang massa basahnya diikat pada kawat tipis yang telah diketahui massanya. Gelas kimia diisi dengan aquades lalu dimasukkan ke dalam neraca timbang. Sampel yang telah diikat dengan kawat digantungkan pada pengait di dalam neraca dengan posisi sampel tergantung dan tercelup di dalam aquades. Hasilnya dicatat sebagai massa jenuh.

Setelah pengukuran massa jenuh, sampel dikeringkan dalam oven bersuhu $100\text{ }^\circ\text{C}$. Setelah kering, sampel didinginkan kembali dan diukur massa keringnya. Setelah penimbangan masing-masing variasi massa sampel, dilakukan penghitungan nilai densitas dan porositas menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$\rho = \frac{D}{W - S} \times \rho_{air} \quad (1)$$

dengan

$$\rho = \text{bulk density (g/cm}^3\text{)}$$

$$D = \text{massa kering sampel (g)}$$

$$W = \text{massa basah sampel di udara (g)}$$

$$S = \text{massa sampel yang terbenam dan tergantung di udara (g)}$$

$$\rho_{air} = \text{densitas air (g/cm}^3\text{)}$$

$$P = \frac{W - D}{W - S} \times 100\% \quad (2)$$

dengan

$$P = \text{porositas sampel (\%)}$$

$$W = \text{massa basah sampel di udara (g)}$$

$$D = \text{massa kering sampel (g)}$$

$$S = \text{massa sampel yang terbenam dan tergantung di udara (g)}$$

Pengujian Kekuatan Magnet Sampel

Kekuatan magnet sampel diukur dengan Gaussmeter. Sebelum melakukan pengukuran, dilakukan preparasi alat untuk memastikan bahwa pengaturan alat telah sesuai dengan yang diinginkan, diantaranya pengaturan jarum telah tepat pada angka nol, berguna untuk ketepatan pembacaan nilai Gauss yang ditunjukkan alat, pengaturan *mode selector* ke Gauss untuk pengukuran kuat magnet atau *mode selector polar* untuk mengetahui kutub magnet yang diuji. Pengaturan jarak/*range selector* pada 1 kG.

Untuk pengukuran densitas flux magnet dilakukan dengan meletakkan *hall generator* pada permukaan sampel dan jarum akan menunjukkan nilai kuat magnet sampel.

Pengujian Titik Kritis Sampel (Suhu Curie)

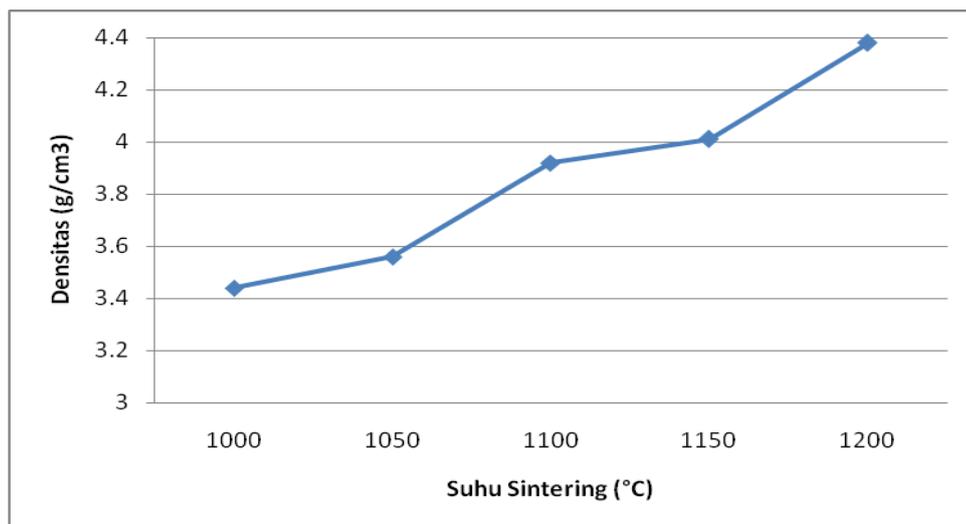
Sampel magnet dipanaskan pada suhu 150 °C lalu didinginkan, setelah itu diukur kekuatan magnetnya dengan Gaussmeter. Jika kekuatan magnet masih ada, maka sampel kembali dipanaskan dengan suhu yang lebih tinggi. Sampel kembali didinginkan dan dilakukan pengukuran kuat magnet setelah sampel tersebut dingin. Prosedur terus berulang sampai kekuatan magnet menjadi tidak terbaca pada Gaussmeter (kekuatan magnet hilang). Untuk masing-masing pengulangan, suhu panas yang diberikan bertingkat sampai 550 °C dengan beda suhu 50 °C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

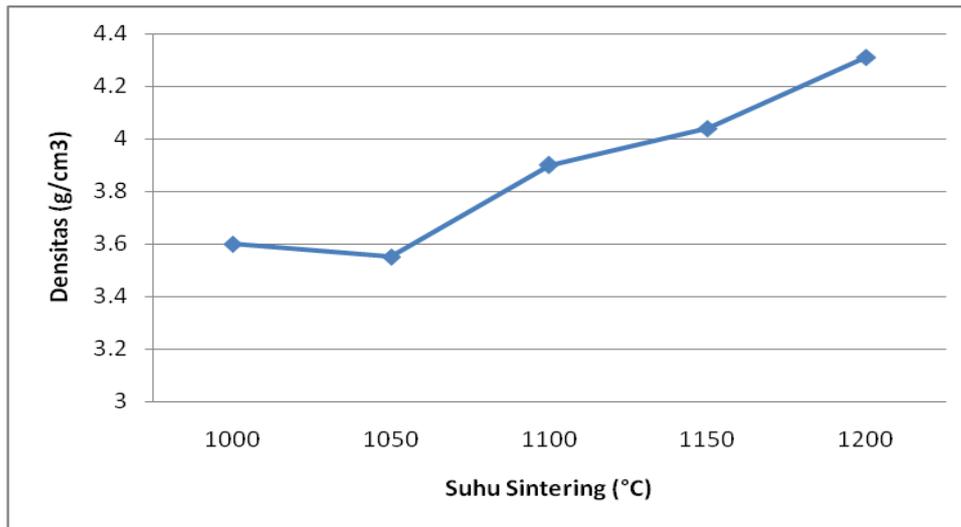
Pengukuran Densitas dan Porositas Bahan

Dari Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat bahwa densitas meningkat dengan adanya peningkatan suhu sintering. Nilai densitas untuk bahan $\text{BaO} \cdot 6,5\text{Fe}_2\text{O}_3$ pada suhu sintering 1000 °C – 1200 °C mengalami kenaikan yaitu berkisar pada 3,44 g/cm³ sampai dengan 4,38 g/cm³. Untuk bahan $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ didapatkan nilai densitas dari 3,60 g/cm³ sampai 4,31 g/cm³ dan untuk bahan $\text{BaO} \cdot 5,5\text{Fe}_2\text{O}_3$ diperoleh nilai densitas dari 3,52 g/cm³ sampai 4,30 g/cm³.

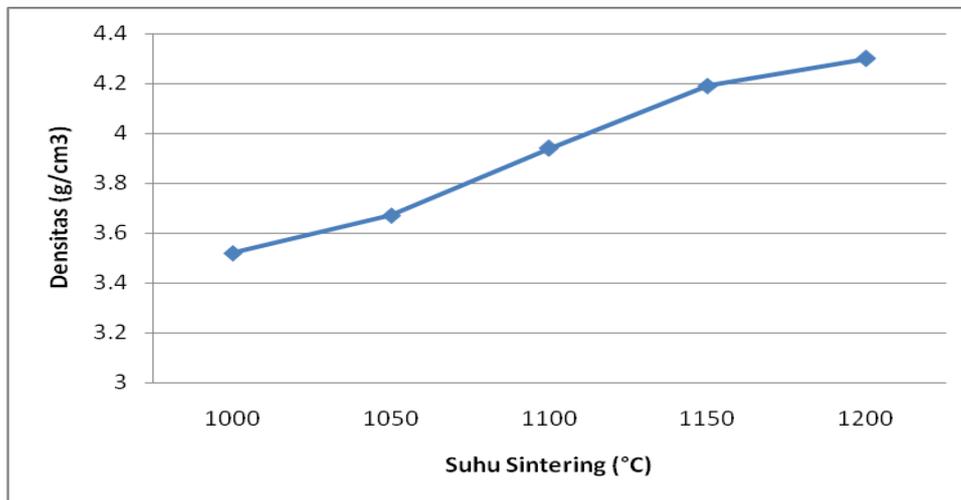
Adanya peningkatan nilai densitas ini sesuai dengan tahapan proses sintering dimana saat proses sintering dilakukan maka terjadi pemadatan bahan yang menyebabkan kenaikan nilai densitas, dan nilai ini semakin meningkat dengan peningkatan suhu sinter.



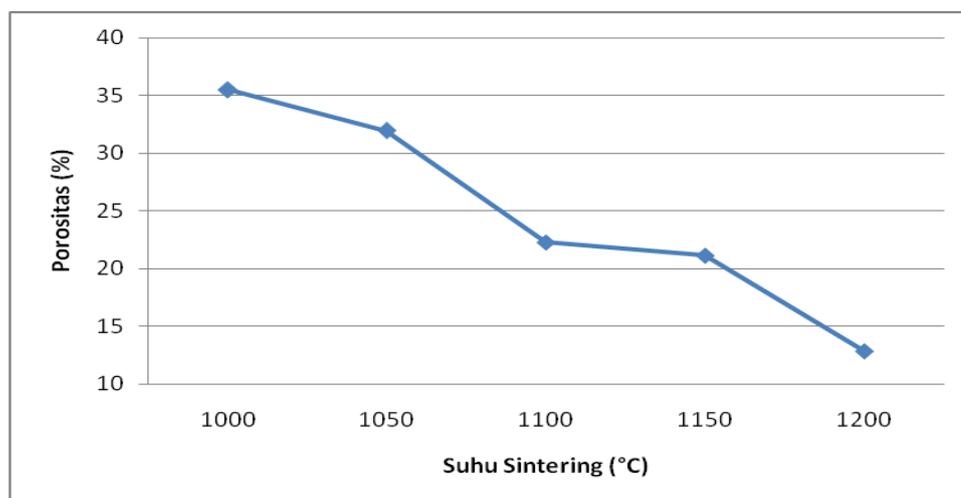
Gambar 1. Densitas untuk bahan $\text{BaO} \cdot 6,5\text{Fe}_2\text{O}_3$



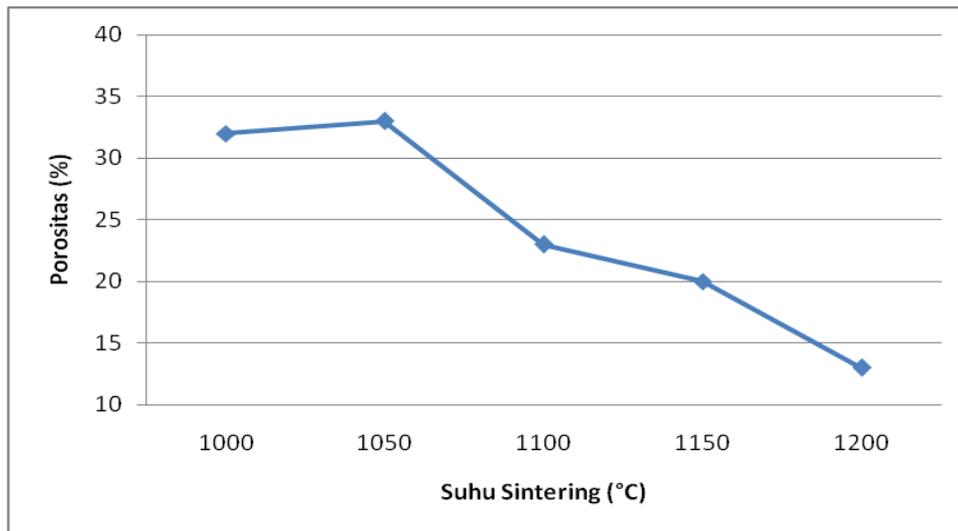
Gambar 2. Densitas untuk bahan BaO.6Fe₂O₃



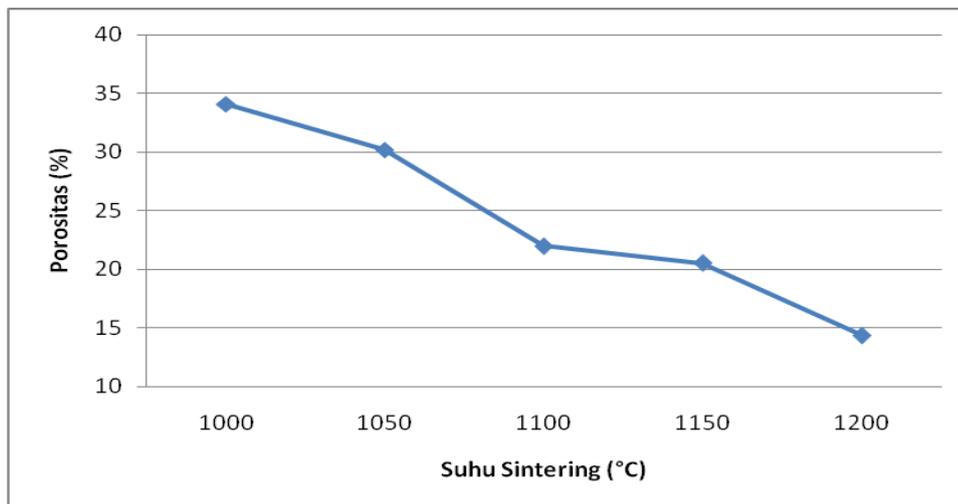
Gambar 3. Densitas untuk bahan BaO.5,5Fe₂O₃



Gambar 4. Porositas untuk bahan BaO.6,5Fe₂O₃



Gambar 5. Porositas untuk bahan $\text{BaO}.6\text{Fe}_2\text{O}_3$



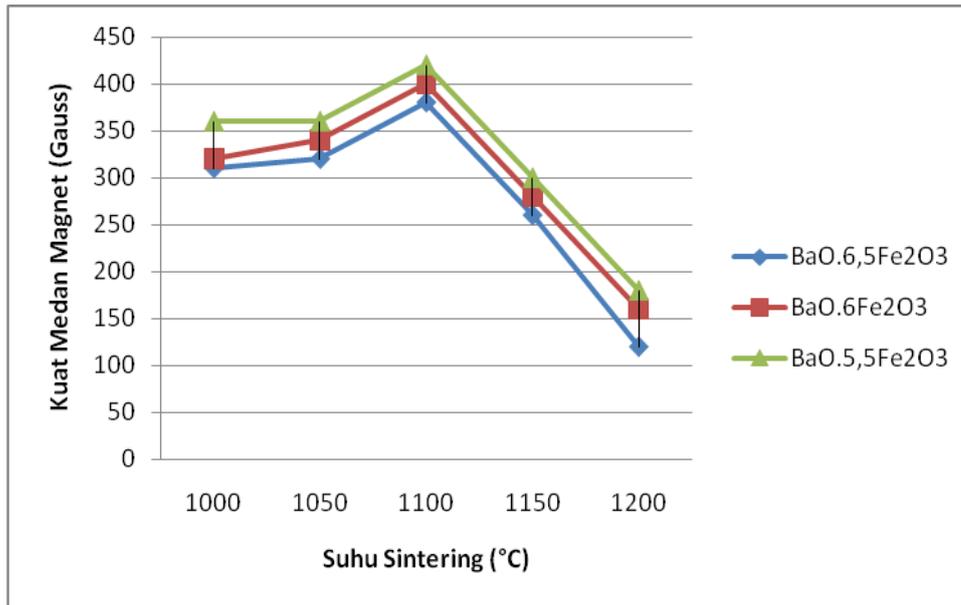
Gambar 6. Porositas untuk bahan $\text{BaO}.5,5\text{Fe}_2\text{O}_3$

Untuk porositas, seperti dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 6, peningkatan suhu sintering memberikan penurunan nilai porositas. Nilai porositas terkecil diperoleh pada suhu sinter 1200 °C, yaitu masing-masing sebesar 12,87 % untuk sampel magnet $\text{BaO}.6,5\text{Fe}_2\text{O}_3$, 12,72 % untuk sampel magnet $\text{BaO}.6\text{Fe}_2\text{O}_3$, dan 14,34 % untuk sampel magnet $\text{BaO}.5,5\text{Fe}_2\text{O}_3$. Turunnya nilai porositas menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan suhu sinter, maka pori-pori sampel akan berkurang yang menunjukkan bahwa dalam proses sinter tersebut telah terjadi pemadatan sampel.

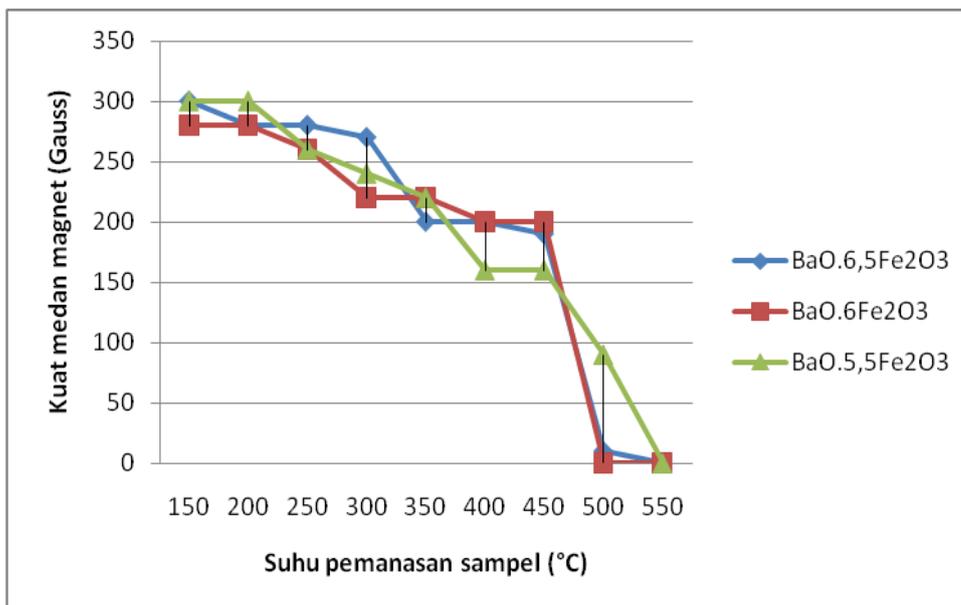
Nilai densitas hasil pengukuran masih di bawah nilai densitas yang diperoleh oleh Muljadi dan Sudjono (1996) yaitu sebesar $5,28 \text{ g/cm}^3$. Hal ini dapat disebabkan karena pada sampel masih terdapat pori. Densitas yang lebih tinggi akan dapat dicapai jika dilakukan penambahan suhu sintering, namun jika dilakukan pemberian suhu sintering yang lebih tinggi akan berpengaruh pada kuat magnet bahan, yaitu kuat magnet menjadi lemah. Jalan lain untuk meningkatkan densitas sampel adalah dengan menggunakan ukuran butir sampel yang lebih halus dari ukuran butir yang digunakan pada penelitian ini.

Pengukuran Kuat Medan Magnet

Sampel yang dibuat, dimagnetisasi dengan meletakkannya pada medan magnet luar yang kuat. Dari hubungan kuat medan magnet terhadap suhu sintering (Gambar 4) diperoleh kuat medan magnet cenderung meningkat dengan adanya peningkatan suhu sinter. Kuat medan magnet tertinggi terdapat pada suhu sinter 1100 °C pada bahan $BaO_{0.5}Fe_2O_3$ yaitu sebesar 420 Gauss. Pemberian suhu sinter yang lebih tinggi dari 1100 °C memberikan penurunan kuat medan magnet pada sampel. Kuat medan magnet terkecil terjadi pada sampel $BaO_{0.6}Fe_2O_3$ pada suhu sinter 1200 °C yaitu senilai 120 Gauss.



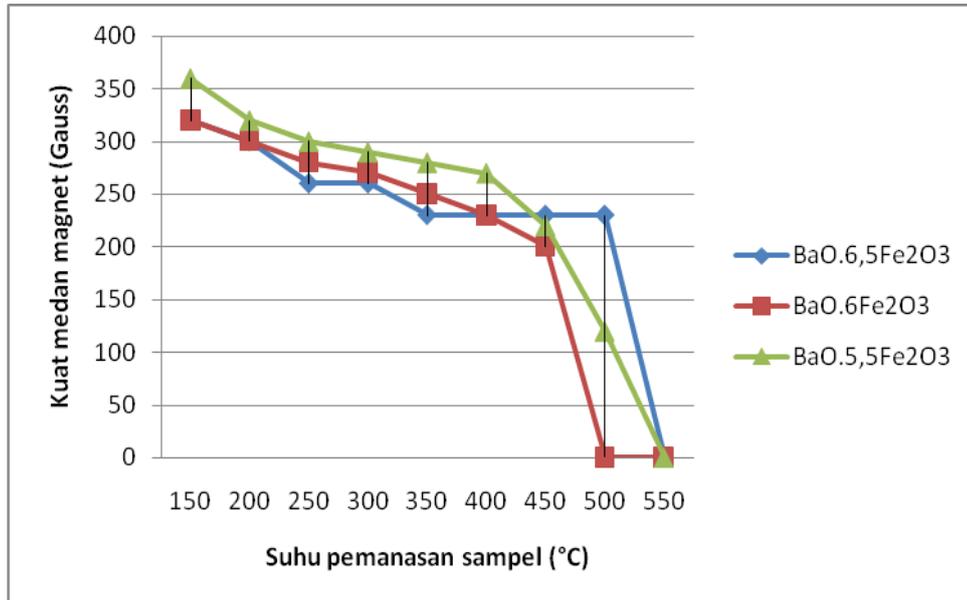
Gambar 7. Kuat medan magnet terhadap suhu sintering



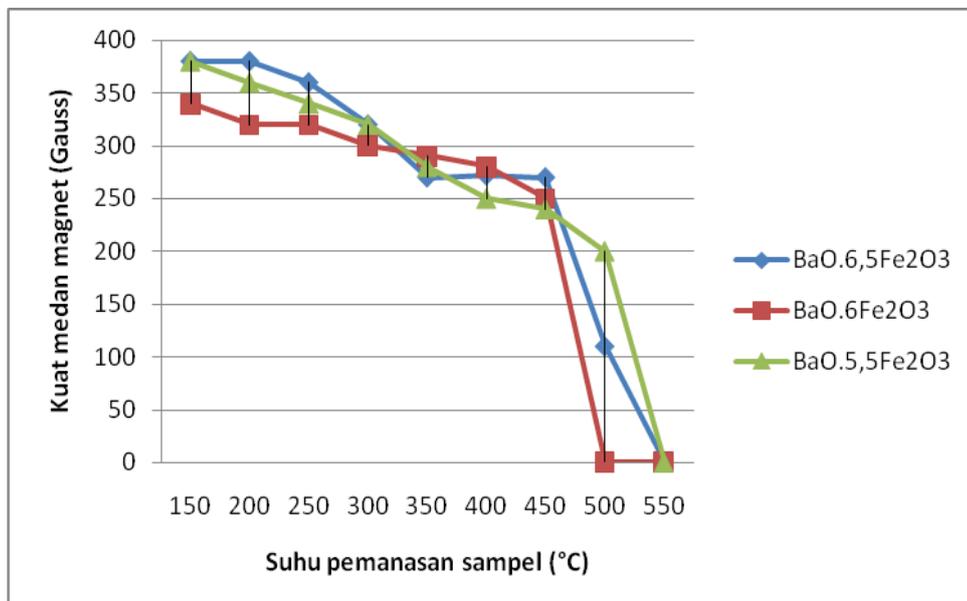
Gambar 8. Titik kritis bahan untuk suhu sinter 1000 °C

Uji Titik Kritis Bahan pada Variasi Suhu Sinter

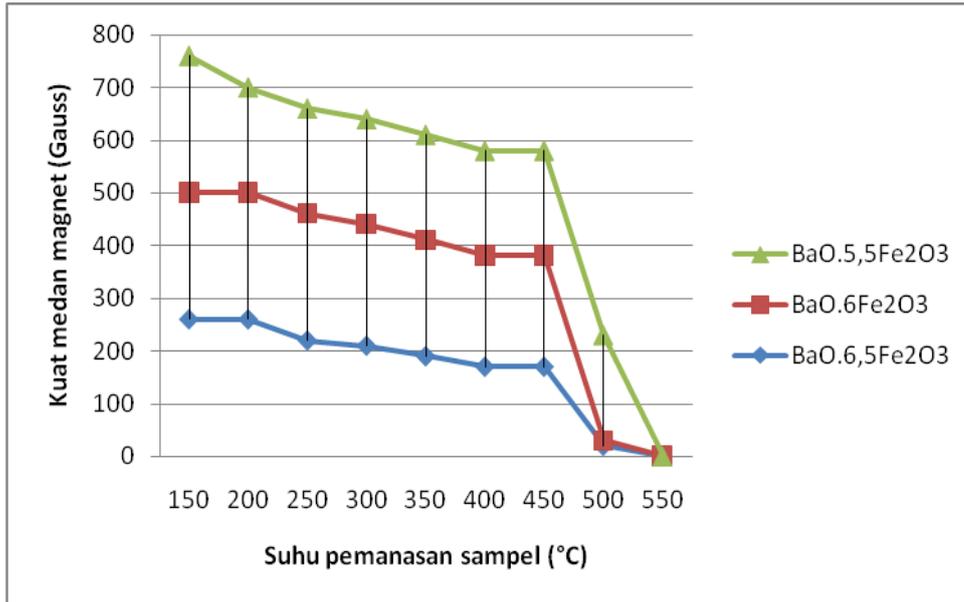
Pengujian titik kritis sampel dilakukan untuk mengetahui titik kritis magnet, yaitu suhu dimana kuat medan magnet sampel menjadi hilang. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan memberi pemanasan pada sampel, dimulai pada suhu 150 °C sampai 550 °C dengan beda suhu 50 °C. Dengan adanya pemberian panas ini menyebabkan kuat medan magnet menurun, dimana penurunan kuat medan magnet sebanding dengan peningkatan suhu yang diberikan dan akhirnya hilang pada suhu kritis bahan.



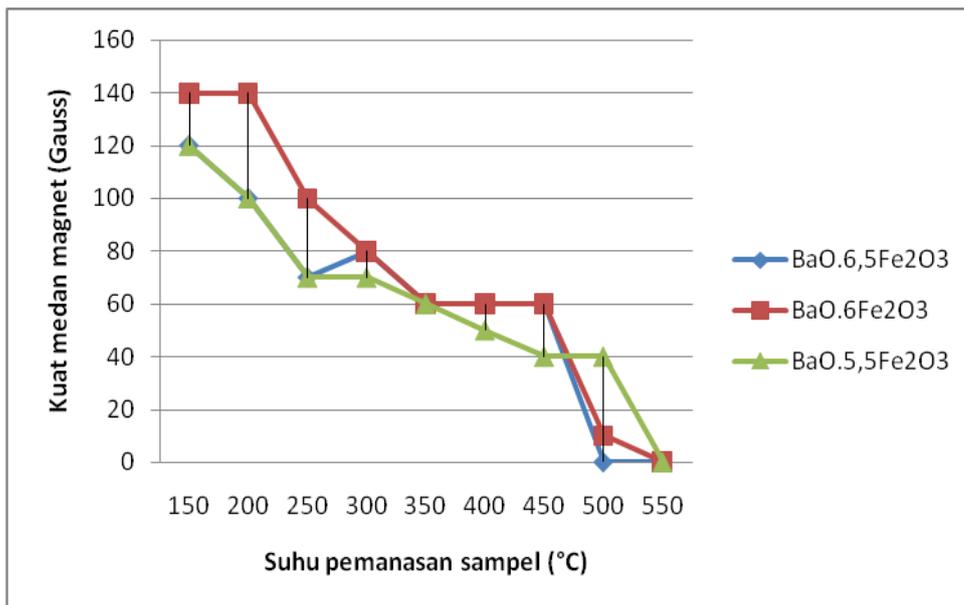
Gambar 9. Titik kritis bahan untuk suhu sinter 1050 °C



Gambar 10. Titik kritis bahan untuk suhu sinter 1100 °C



Gambar 11. Titik kritis bahan untuk suhu sinter 1150 °C



Gambar 12. Titik kritis bahan untuk suhu sinter 1200 °C

Pada Gambar terlihat bahwa untuk sampel BaO.6Fe₂O₃ kuat medan magnet bahan baru hilang pada suhu 500 °C, sedangkan untuk kedua bahan BaO.6,5Fe₂O₃ dan BaO.5,5Fe₂O₃ titik kritis terjadi pada suhu 550 °C. Titik kritis ini lebih tinggi daripada yang diperoleh oleh Muljadi dan Sudjono (1996) yaitu pada temperatur 723 °K atau 450 °C.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembuatan magnet permanen BaO.(6-x)Fe₂O₃ yang telah dilakukan antara lain:

1. Secara garis besar magnet permanen BaO.(6-x)Fe₂O₃ dapat dibuat dengan menggunakan bahan limbah Fe₂O₃.

2. Peningkatan temperatur sinter menyebabkan peningkatan nilai densitas bahan dan sebaliknya menurunkan nilai porositas bahan.
3. Kuat medan magnet optimum diperoleh pada suhu sinter 1100 °C. Pada suhu sinter di atas 1100 °C kuat medan magnet bahan berkurang.
4. Titik kritis sampel (suhu dimana kuat medan magnet menjadi nol) diperoleh pada suhu 500 °C untuk bahan $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ dan 550 °C untuk bahan $\text{BaO} \cdot 6,5\text{Fe}_2\text{O}_3$ dan $\text{BaO} \cdot 5,5\text{Fe}_2\text{O}_3$.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Manaf, A., 1996, Karakterisasi dan pembuatan Magnet Permanen Nd-Fe-B dengan Teknologi Powder Metallurgy dan Rapid Solidification, Hibah Bersaing Perguruan Tinggi IV, Universitas Indonesia, Jakarta.
2. Muljadi dan Sudjono H.K.S., 1996, Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Magnet Permanen Ba-Hexaferrite dan Sr-Hexaferrite, Puslibang Fisika Terapan LIPI, Serpong.