

KARAKTERISTIK TERMAL MAGNET BERBASIS $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ FERIT

Wahyu Bambang W., Agus Sukarto W. dan Zulham Yahya F.

Pusat Penelitian Fisika (P2F) - LIPI
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan
e-mail: wahyubw@gmail.com

ABSTRAK

KARAKTERISTIK TERMAL MAGNET BERBASIS $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ FERIT. MnZn ferit merupakan salah satu jenis magnet berbasis ferit yang banyak dikembangkan dan diteliti karena performa sifat magnetiknya yang relatif lebih baik dibandingkan dengan magnet berbasis ferit lainnya. Studi yang banyak dilakukan selama ini lebih banyak dilakukan untuk mengetahui karakteristik magnetik maupun elektrik MnZn ferit. Paper ini akan membahas karakteristik termal MnZn ferit yang menggunakan material teknis dari industri magnet di Indonesia. Material awal berupa MnO, ZnO, dan Fe_2O_3 dikomposisikan untuk membentuk $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ dengan variasi $x = 0,2; 0,35; 0,65; 0,8$. Komposisi tersebut dicampur (*pre-mixing*) menggunakan *High Energy Milling (HEM)* selama 10 menit. Sampel hasil pencampuran kemudian diuji karakteristik termalnya mulai suhu kamar sampai suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$ menggunakan *prototipe Differential Thermal Analyzer (DTA)* buatan Pusat Penelitian Fisika-LIPI. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan energi total reaksi endotermik dengan meningkatnya rasio Mn terhadap Zn dalam campuran ferit. Hasil pengujian juga menunjukkan terjadinya fasa antara (*Intermediate Phase*) pada rasio Mn : Zn = 0,65 dan 0,35 yang ditunjukkan dengan munculnya puncak endotermik tambahan. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan rasio Mn terhadap Zn akan meningkatkan energi total reaksi dan mengakibatkan pergeseran nilai suhu transformasi fasa.

Kata kunci : MnZn ferit, Karakteristik termal, *Differential Thermal Analyzer*

ABSTRACT

THERMAL CHARACTERISTIC OF $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ FERRITE BASED MAGNET. MnZn ferrite is one type of ferrite based-magnet which is largely developed and studied due to its better magnetic properties performance compared to other ferrite based-magnet. The extensive recent study of MnZn ferrite mostly was conducted to examine its magnetic and electric properties. This paper will discuss thermal characteristics of MnZn ferrite, which was obtained from technical/industrial raw material of magnet industry in Indonesia. The initial raw material, consist of MnO, ZnO, and Fe_2O_3 , was composed into $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ferrite with $x = 0.2; 0.35; 0.65; 0.8$. Those composition were then pre-mixed using High Energy Milling (HEM) for 10 minutes. The as-mixed samples were then characterized using Differential Thermal Analyzer (DTA) prototype made by Research Center for Physics - LIPI from room temperature to $900\text{ }^\circ\text{C}$. The characterization results show the increase of endothermic reaction total energy by increasing Mn to Zn ratio in ferrite mixture. They also infer the formation of intermediate phase at Mn to Zn ratio of 0.65 : 0.35, which is represented by the appearance of new endothermic peak. It can be concluded that the increase of Mn to Zn ratio gives the increase of total reaction energy and the shifting of phase transformation temperature.

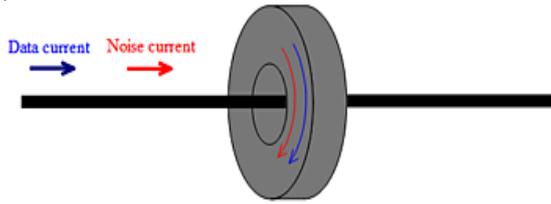
Keywords : MnZn ferrite, Thermal characteristic, Differential Thermal Analyzer

PENDAHULUAN

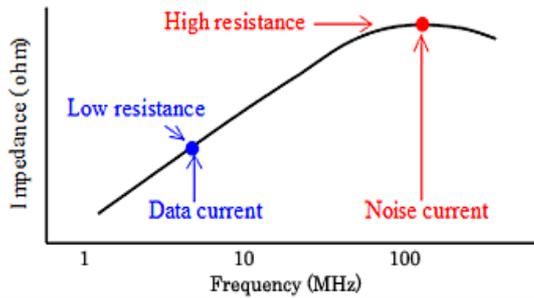
Material magnetik berbasis *ferrite* merupakan jenis material magnetik yang banyak digunakan dalam aplikasi industri. Salah satu industri yang menggunakan material berbasis *ferrite* adalah industri pembuat *ferrite core*. *Ferrite core* merupakan jenis *smart* material yang memiliki sifat permeabilitas magnet yang tinggi dengan konduktivitas listrik yang rendah yang dapat dipakai untuk pengurangan *Electro Magnetic Interference*

(*EMI*) atau derau listrik seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Penggunaan *ferrite core* dapat melindungi arus data, sinyal listrik, transformator listrik yang berguna untuk komponen alat elektrik maupun elektronik sebagaimana hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Ukuran peralatan elektronik yang semakin mengecil, memaksa untuk dapat mengurangi ukurannya



Gambar 1. Ilustrasi penggunaan ferrite core untuk menguraingi interferensi listrik



Gambar 2. Hasil pengukuran pengurangan noise dengan menggunakan ferrite core

dengan tanpa menurunkan kualitas dari jenis bahan yang digunakan. Manipulasi penambahan unsur Ni, Ba, Co, Nb, V, B dapat dilakukan, namun demikian, unsur-unsur tersebut sangat mahal.

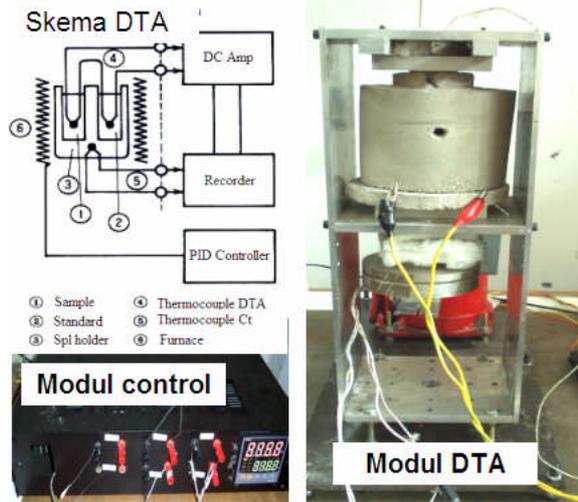
Untuk mengatasi masalah mahalnya unsur aditif digunakan bahan tambahan lain seperti MnO dan ZnO untuk mendapatkan ferit tipe MnZn ferit . Tipe MnZn ferit merupakan jenis magnet berbasis ferit yang banyak dikembangkan dan diaplikasikan untuk industri [1-4]. Tipe MnZn ferit banyak disukai karena memiliki nilai permeabilitas saturasi magnetik dan suhu Curie yang tinggi [5].

Studi karakteristik yang dilakukan selama ini lebih banyak ditujukan untuk mempelajari efek *magnetostrictive* yang menentukan dalam aplikasi berbasis magnet maupun mekanisme penumbuhan serta pergerakan butir pada MnZn ferit [6-9]. Sementara studi karakteristik termal yang penting untuk mengetahui pengaruh rasio serta jumlah penambahan Mn dan Zn terhadap suhu pembentukan ferit belum banyak dilakukan. Kalaupun ada, studi yang sudah dilakukan masih terfokus pada karakteristik termal MnZn ferit yang dibuat dengan proses dan bahan laboratorium yang mahal, bukan dengan bahan teknis untuk proses produksi di pabrik.

Untuk meningkatkan nilai ekonomi dari pembuatan ferit core secara industri dan mempelajari lebih jauh karakteristik termal ferit yang menggunakan bahan tersebut, pada penelitian ini dilakukan studi mengenai karakteristik termal komposisi $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ferit dan pengaruh perubahan rasio Mn terhadap Zn pada suhu reaksi ferit . Untuk memperkuat pemahaman tentang mekanisme perubahan energi reaksi yang mendorong terjadinya transformasi fasa, dilakukan juga simulasi reaksi kimia proses.

Tabel 1. Komposisi $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$

No sampel	Komposisi
1	$Mn_{0,2}Zn_{0,8}Fe_2O_4$
2	$Mn_{0,35}Zn_{0,65}Fe_2O_4$
3	$Mn_{0,65}Zn_{0,35}Fe_2O_4$
4	$Mn_{0,8}Zn_{0,2}Fe_2O_4$



Gambar 3. Skema dan prototipe instrumen Differential Thermal Analyzer (DTA) yang dikembangkan Pusat Penelitian Fisika-LIPI

METODE PERCOBAAN

Material awal yang digunakan pada percobaan ini adalah MnO teknis, ZnO teknis, dan Fe_2O_3 teknis yang juga digunakan untuk pembuatan ferit core di PT. Sintertech Indonesia. Masing-masing bahan ditimbang dengan komposisi sesuai dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

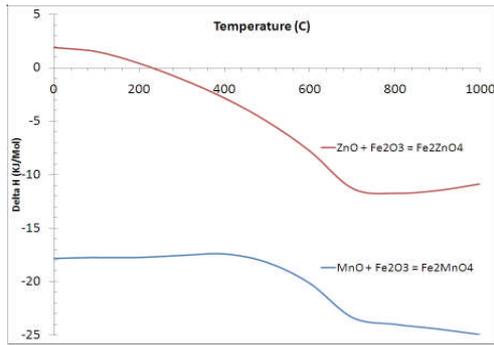
Bahan dicampur menggunakan *High Energy Milling* buatan Pusat Penelitian Fisika - LIPI dengan waktu 10 menit untuk mendapatkan pencampuran yang homogen. Selanjutnya bahan dianalisis menggunakan alat *Differential Thermal Analyzer (DTA)* buatan Pusat Penelitian Fisika LIPI. Skema dan alat DTA ditunjukkan pada Gambar 3.

Untuk mempelajari reaksi kimia antara bahan ferit dengan material imbuhanannya, dilakukan simulasi kimia. Simulasi kimia dilakukan dengan menggunakan *software HSC Chemistry 5.0* yang memiliki *data base* mencukupi untuk simulasi yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, reaksi yang terjadi antara MnO dan ZnO dengan Fe_2O_3 ditunjukkan oleh Persamaan (1) dan Persamaan (2):



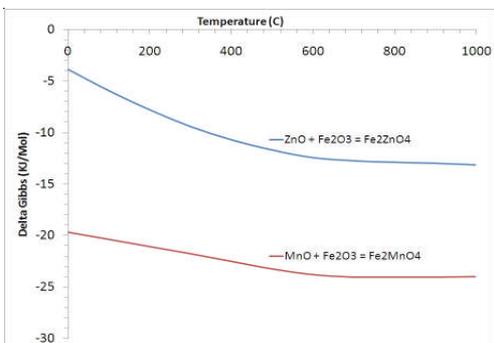


Gambar 4. Kurva simulasi ΔH (entalpi) reaksi pembentukan Fe_2MnO_4 dan Fe_2ZnO_4 .

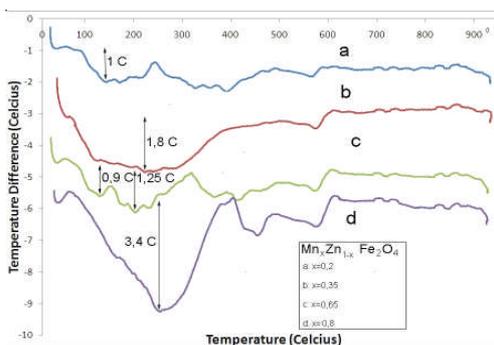


Berdasarkan hasil simulasi reaksi dengan menggunakan *software HSC Chemistry 5.0*, dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan Fe_2MnO_4 terjadi secara endotermik mulai rentang suhu di atas suhu kamar seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hal ini berbeda dengan reaksi pembentukan dimana reaksi yang terjadi mulai suhu kamar hingga suhu 200 °C berjalan secara eksotermik. Reaksi endotermik baru berlangsung setelah suhu mencapai 300 °C.

Dengan menggunakan *software* yang sama, telah dilakukan pula simulasi penghitungan perubahan energi *Gibbs* yang menghasilkan kurva simulasi yang diekstrapolasi dari suhu 1000 °C seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Dari data tersebut, reaksi pembentukan



Gambar 5. Kurva simulasi ΔG (energi bebas *Gibbs*) reaksi pembentukan Fe_2MnO_4 dan Fe_2ZnO_4 .



Gambar 6. Hasil pengujian karakteristik termal $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ dengan menggunakan *DTA*.

Fe_2MnO_4 dan Fe_2ZnO_4 dapat dikatakan memiliki kecenderungan dapat terjadi. Namun demikian, kecenderungan pembentukan Fe_2MnO_4 lebih besar dibandingkan kecenderungan pembentukan Fe_2ZnO_4 . Hal ini ditunjukkan dengan nilai ΔG reaksi Fe_2MnO_4 yang relatif jauh lebih negatif dibandingkan nilai ΔG Fe_2ZnO_4 . Dengan demikian, proses yang lebih mungkin berlangsung bila MnO , ZnO , dan Fe_2O_3 dicampur dan direaksikan adalah proses pembentukan Fe_2MnO_4 dengan sedikit kemungkinan pembentukan Fe_2ZnO_4 . Adapun kemungkinan masuknya ZnO ke dalam matriks Fe_2MnO_4 , diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahuinya.

Untuk mengetahui karakteristik termal campuran $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$, dilakukan pengujian menggunakan prototipe *DTA* yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Fisika-LIPI. Hasil pengujian karakteristik termal tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *DTA* tersebut, terlihat bahwa peningkatan rasio Mn terhadap Zn meningkatkan total perubahan energi reaksi yang ditunjukkan dengan makin besarnya luasan kurva yang dicakup puncak endotermik utama. Selain itu, terlihat pula terjadinya pembentukan 2 fasa utama pada komposisi $Mn:Zn = 0,65 : 0,35$. Munculnya dua fasa ini dimungkinkan merupakan puncak endotermik dari Fe_2MnO_4 dan Fe_2ZnO_4 .

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis di atas, beberapa karakteristik termal dari $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ yang dapat disimpulkan adalah:

- Peningkatan rasio Mn terhadap Zn ke dalam struktur *ferrite* meningkatkan energi pemanasan yang dibutuhkan untuk perpindahan fasa.
- Peningkatan rasio Mn terhadap Zn lebih lanjut (mulai $x = 0,65$) berpengaruh kepada terbentuknya fasa transformasi baru dengan energi pemanasan total fasa-fasa tersebut meningkat dibandingkan dengan rasio Mn terhadap Zn yang lebih kecil.
- Rasio Mn terhadap Zn yang tinggi meningkatkan total perubahan energi untuk perubahan fasa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Evan Satatar dan tim dari PT. Sintertech Indonesia yang telah berkenan menyediakan material teknis untuk pembuatan ferit *core* yang digunakan dalam percobaan ini.

DAFTAR ACUAN

[1]. B. JEYADEVAN, C.N. CHINNASAMY, K. SHINODA, K. TOHJI, *J. Appl. Phys.*, **93** (2003) 8450-8452

- [2]. J. AZADMANJIRI, *J. Non-Cryst. Sol.*, **353** (2007) 4170-4173
- [3]. S. GUBBALA, H. NATHANI, K. KOIZOL, R. D. K. MISRA, *Physica B*, **348** (2004) 317-328
- [4]. N. CAI, J. ZHAI, C.W. NAN, Y. LIN, Z. SHI, *Phys. Rev. B*, **68** (2003) 224103
- [5]. C. F. ZHANG, X. C. ZHONG, Y.H. YU, Z.W. LIU, D. C. ZENG, *Physica B*, **404** (2009) 2327-2331
- [6]. H. SHOKROLLAHI, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **320** (2008) 463-474
- [7]. JU DONG-YING and BIAN PEI, *Trans. Nonferrous Met. SOCC. China*, **16** (2006) S67-S70
- [8]. R. ARULMURUGAN, B. JEYADEVAN, G. VAIDYANATHAN, S. SENDHILNATHAN, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **288** (2005) 470-477
- [9]. XIAOHUI WANG, WEIGUO QU, LONGTU LI, ZHILUN GUI, *Ceramics International*, **30** (2004) 1615-1618