

# Karakterisasi Termal $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ Ferrite

Wahyu Bambang W,\* Agus Sukarto W, dan Zulham Yahya F  
 Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)  
 Gedung 440, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15310

## Intisari

MnZn ferrite merupakan salah satu jenis magnet berbasis ferrite yang banyak dikembangkan dan diteliti karena performa sifat magnetiknya yang relatif lebih baik dibandingkan dengan magnet berbasis ferrite lainnya. Studi yang banyak dilakukan selama ini untuk mengetahui karakteristik magnetik maupun elektrik MnZn ferrite. Paper ini membahas karakteristik termal MnZn ferrite 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 menggunakan *High Energy Milling* selama 10 menit. Sampel hasil pencampuran diuji karakteristik termalnya (temperatur kamar hingga  $900^\circ C$ ) 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 ferrite. Hasil pengujian juga menunjukkan terjadinya fasa antara pada rasio Mn : Zn = 0,65 : 0,35 yang ditunjukkan dengan munculnya puncak endotermik tambahan. Peningkatan rasio Mn terhadap Zn akan meningkatkan energi total reaksi dan mengakibatkan pergeseran nilai temperatur transformasi fasa.

## ABSTRACT

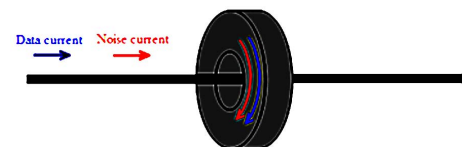
MnZn ferrite is one type of ferrite based-magnet which is largely developed and studied due to its better magnetic properties performance compared to other ferrite based-magnet. The extensive recent study of MnZn ferrite mostly was conducted to examine its magnetic and electric properties. This paper 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 for 10 minutes. The as-mixed samples were then characterized using DTA prototype made by Research Center for Physics - LIPI from room temperature to  $900^\circ C$ . 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.

KATA KUNCI: MnZn ferrite, karakteristik termal, Differential Thermal Analyzer, rasio Mn:Zn

## I. PENDAHULUAN

Material magnetik berbasis ferrite merupakan jenis material magnetic 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 EMI (*Electro Magnetic Interference*) 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,

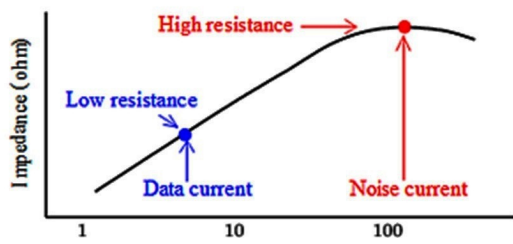


Gambar 1: Ilustrasi penggunaan ferrite core untuk mengurangi interferensi listrik

memaksa untuk dapat mengurangi ukurannya 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 umumnya sangat mahal.

Untuk mengatasi masalah mahalnya unsur aditif digunakan bahan tambahan lain seperti MnO dan ZnO untuk mendapatkan ferrite tipe MnZn ferrite. Tipe MnZn ferrite merupakan jenis magnet berbasis ferrite yang banyak dikembangkan dan diaplikasikan untuk industri [1-4]. Tipe MnZn

\*E-MAIL: wahyubw@gmail.com



Gambar 2: Hasil pengukuran pengurangan noise dengan menggunakan ferrite core

TABEL I: 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	$Mn_{0.8}Zn_{0.2}Fe_2O_4$

ferrite banyak disukai karena memiliki nilai permeabilitas dan saturasi magnetik, serta temperatur Curie yang tinggi [5].

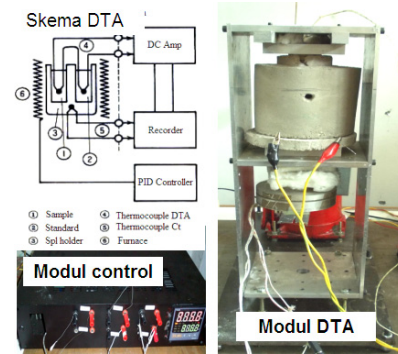
Studi karakteristik yang dilakukan selama ini lebih banyak ditujukan untuk mempelajari efek *magnetostrictive* yang merupakan salah satu sifat paling menentukan dalam aplikasi berbasis magnet maupun mekanisme penumbuhan serta pergerakan butir pada MnZn ferrite [6–9]. Sementara studi karakteristik termal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

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

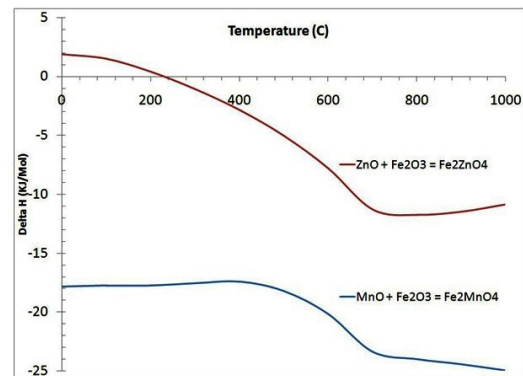
## II. METODOLOGI

Material awal yang digunakan pada penelitian ini adalah MnO teknis, ZnO teknis, dan  $Fe_2O_3$  teknis yang juga digunakan untuk pembuatan ferrite 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 DTA buatan Pusat Penelitian



Gambar 3: Skema dan prototipe instrumen DTA yang dikembangkan Pusat Penelitian Fisika - LIPI



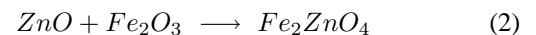
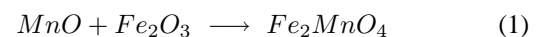
Gambar 4: Kurva simulasi  $\Delta H$  (enthalpi) reaksi pembentukan  $Fe_2MnO_4$  dan  $Fe_2ZnO_4$ .

Fisika LIPI. Skema dan alat DTA ditunjukkan pada Gambar 3.

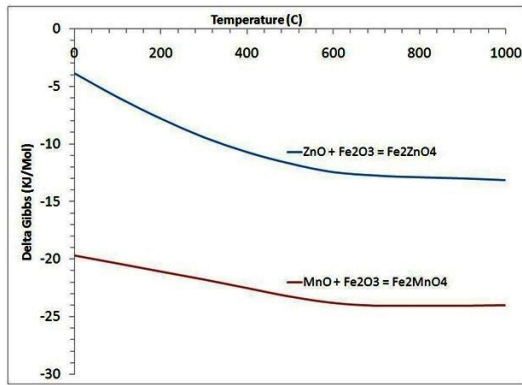
Untuk mempelajari reaksi kimia antara bahan ferrite dengan material imbuhanannya, dilakukan simulasi kimia. Simulasi kimia dilakukan dengan menggunakan software HSC Chemistry 5.0 yang memiliki data base mencukupi untuk simulasi yang dilakukan.

## III. HASIL DAN DISKUSI

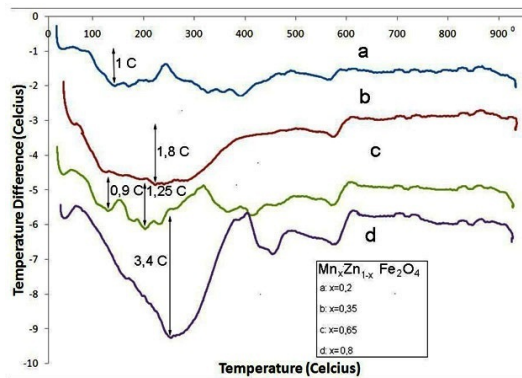
Secara umum, reaksi yang terjadi antara MnO dan ZnO dengan  $Fe_2O_3$  ditunjukkan oleh persamaan (1) dan (2) berikut ini:



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



Gambar 5: Kurva simulasi  $\Delta G$  (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.

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  $Fe_2MnO_4$  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  $\Delta G$  reaksi  $Fe_2MnO_4$  yang relatif jauh lebih negatif dibandingkan nilai  $\Delta G$   $Fe_2ZnO_4$ . 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  $Fe_2ZnO_4$ .

IV. SIMPULAN

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

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Evan Satatar dan tim dari PT. Sintertech Indonesia yang telah berkenan menyediakan material teknis untuk pembuatan ferrite core yang digunakan dalam penelitian ini.

[1] B. Jeyadevan, *et al.*, J. Appl. Phys., **93**, 8450-8452 (2003).  
 [2] J. Azadmanjiri, J. Non-Cryst. Sol., **353**, 4170-4173 (2007).  
 [3] S. Gubbala, *et al.*, Physica **B 348**, 317-328 (2004).  
 [4] N. Cai, *et al.*, Phys. Rev. **B 68**, 224103 (2003).  
 [5] C.F. Zhang, *et al.*, Physica **B 404**, 2327-2331 (2009).  
 [6] H. Shokrollahi, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **320**, 463-474 (2008).

[7] J.U. Dong-ying and BIAN Pei, Trans. Nonferrous Met. SOCC. hina, **16**, s67-s70 (2006).  
 [8] R. Arulmurugan, *et al.*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **288**, 470-477 (2005).  
 [9] X. Wang, *et al.*, Ceramics International, **30**, 1615-1618 (2004).