

Studi *Differential Thermal Analysis* dari NiCuZn Ferrite Magnet dan Efek Penambahan Mn

Agus Sukarto Wismogroho,* Wahyu Bambang Widayatno, dan Zulham yahya Firdaus
*Laboratorium Nanoteknologi dan Micro Analysis, Fisika Bahan Baru, Pusat Penelitian Fisika - LIPI
Komplek Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15310*

Intisari

Telah dilakukan studi simulasi reaksi dan analisis *Differential Thermal Analysis* (DTA) untuk pembentukan ferrite dengan imbuhan NiO, ZnO dan CuO, serta variasi substitusi NiO dengan MnO. Material yang digunakan adalah powder teknis dengan komposisi $\text{NiO}_{(2-x)}\text{MnO}_x\text{CuO}_{0.2}\text{ZnO}_{0.6}\text{Fe}_2\text{O}_3$. Analisis dilakukan dengan DTA buatan LIPI dan simulasi dilakukan dengan data base HSC 5.0. Simulasi *Gibbs Energy* menunjukkan bahwa semua reaksi dapat berlangsung sejak suhu kamar. Namun demikian, kalsinasi terjadi pada suhu 200-300°C, dan berakhir pada suhu dibawah 450°C. Substitusi NiO ke MnO menurunkan kebutuhan energi untuk reaksi. Substitusi NiO ke MnO menunjukkan kecenderungan untuk menurunkan suhu kalsinasi.

ABSTRACT

Study on simulation of reaction and *Differential Thermal Analysis* (DTA) of ferrite formation with addition of NiO, ZnO and CuO, including NiO substitution variation with MnO has been done. The materil utilized in this experiment was technical powder material with composition of $\text{NiO}_{(2-x)}\text{MnO}_x\text{CuO}_{0.2}\text{ZnO}_{0.6}\text{Fe}_2\text{O}_3$. Thermal analysis was carried out using DTA apparatus made in LIPI and simulation was conducted using database from HSC Chemistry 5.0 software. Simulation of Free Gibbs Energy showed that all reaction can be undergo at room temperature. However, calcination was happened at temperature of 200-300°C, and was finalized at temperature just below 450°C. Substitution of NiO with MnO decrease the energy consumption for reaction. Substitution of NiO with MnO showed the tendency of calcinations temperature reduction.

KATA KUNCI: *Differential Thermal Analysis* (DTA), ferrite, NiO, MnO, Fe_2O_3

I. PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik yang muncul karena penggunaan listrik/ sinyal listrik mengakibatkan munculnya gelombang elektromagnetik di sekeliling penghantar yang bersifat mengganggu. Pada alat-alat yang sensitif sangat diperlukan perlindungan terhadap EMI (*Electro Magnetic Interference*) atau derau listrik seperti pada alat kontrol, sinyal dan data digital.

Ferrite *core* merupakan material dengan permeabilitas yang tinggi dan konduktivitas yang rendah, yang dapat menyerap derau listrik. Hal ini memungkinkan untuk bahan mencegah munculnya *eddy current*.

Ferrite *core* dibuat dengan bahan dasar Fe_2O_3 dengan kombinasi dengan oksida berstruktur kubik seperti CuO, ZnO dan MnO. Untuk meningkatkan permeabilitas bahan, telah dikembangkan berbagai metoda pendekatan. Salah satu metoda yang dilakukan adalah dengan memberikan unsur penambah atau mengganti jenis media yang digunakan. Dalam beberapa laporan, telah dilakukan penambahan dengan unsur-unsur seperti Nickel [1-4], Barium [5], Cobalt [6-9], Nb/V.Nb/B[10, 11]. Penambahan unsur-unsur

ini meningkatkan permeabilitasnya.

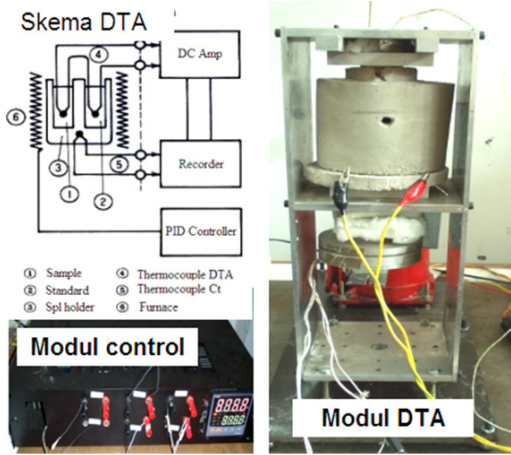
Peningkatan permeabilitas juga dapat diperoleh dengan mengontrol ukuran partikel bahan baku dan ukuran butir kristal dari bahan yang dihasilkan[1]. Pengecilan partikel dan pengecilan butir kristal bahan baku pembuat ferrite *core* menunjukkan peningkatan kualitas bahan yang dihasilkan [1]. Oleh karena itu, pengembangan ferrite *core* banyak mengarahkan pada rekayasa pembuatan bahan baku berstruktur nano dengan berbagai metoda pendekatan, seperti sol gel combustion[15], *ball milling* [12-14, 16], *Chemical* [17], *micro emulsion* [18], *refluksion* [19] dan *co-precipitation* [20].

Disamping itu, untuk meningkatkan nilai ekonomi dari pembuatan ferrite *core* secara industri, bahan baku material perlu disuplai dari bahan teknis yang pada umumnya memiliki pengotor pada kadar tertentu. Belum banyak laporan mengenai pembuatan ferrite *core* dari bahan baku teknis yang diperoleh di Indonesia. Untuk mempelajari lebih jauh mengenai karakteristik dari proses menggunakan bahan tersebut, pada penelitian ini dilakukan studi mengenai karakteris thermal komposisi NiZnCu ferrite dan efek substitusi Mn terhadap Ni. Untuk memahami mekanisme kalsinasi, simulasi reaksi kimia proses kalsinasi juga dilakukan.

*E-MAIL: agussukarto@yahoo.com

TABEL I: Komposisi sampel

No sampel	Komposisi
1	Ni _{0.2} Cu _{0.2} ZnO _{0.6} Fe ₂ O ₃
2	Ni _{0.18} Mn _{0.02} Cu _{0.2} ZnO _{0.6} Fe ₂ O ₃
3	Ni _{0.16} Mn _{0.04} Cu _{0.2} ZnO _{0.6} Fe ₂ O ₃
4	Ni _{0.12} Mn _{0.08} Cu _{0.2} ZnO _{0.6} Fe ₂ O ₃



Gambar 1: Skema dan alat DTA yang dikembangkan Pusat Penelitian Fisika - LIPI

II. METODOLOGI

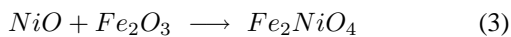
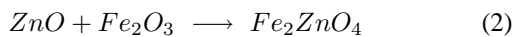
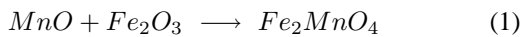
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Fe₂O₃ teknis, NiO teknis, MnO teknis dan ZnO teknis. Masing-masing bahan ditimbang dengan komposisi sesuai dengan komposisi pada Tabel 1.

Bahan dicampur menggunakan *High Energy Milling* buatan Pusat Penelitian Fisika - LIPI dengan waktu 10 menit untuk mendapatkan campuran yang homoge. Selanjutnya bahan di analisis menggunakan alat DTA buatan Pusat Penelitian Fisika LIPI. Skema dan alat DTA ditunjukkan pada Gambar 1.

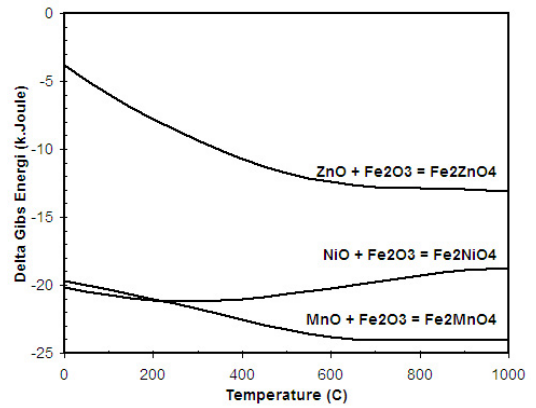
Untuk mempelajari reaksi kimia antara bahan ferrite dengan material imbuhanannya, dilakukan simulasi kimia. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software HSC Chemistry 5.0 yang memiliki data base yang mencukupi.

III. HASIL DAN DIKUSI

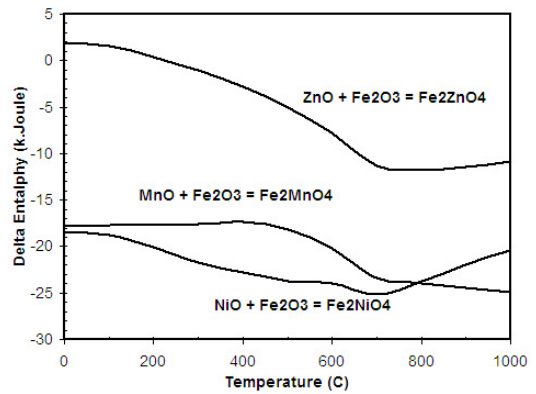
Simulasi kimia dari bahan bahan penyusun ferrite menghitung reaksi kimia antara :



Reaksi kimia ferrite ditunjukkan pada rumus kimia (1), (2) dan (3). Delta Gibbs Free Energy dan Delta Enthalpy dihitung menggunakan data base yang ada.



Gambar 2: Simulasi perhitungan Delta Gibbs Energy dari reaksi (1), (2) dan (3).

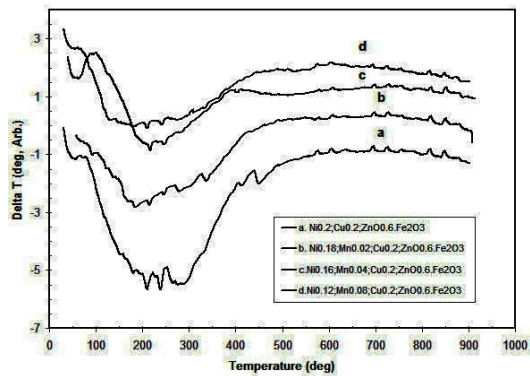


Gambar 3: Simulasi perhitungan Delta Enthalpy dari reaksi (1), (2) dan (3).

Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi Delta Gibbs Energy dari reaksi di atas. Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa reaksi kimia untuk semua reaksi memiliki posibilitas untuk berjalan secara spontan pada semua suhu reaksi. NiO dan MnO memiliki nilai yang serupa pada kurun suhu kurang dari 200°C, dan pada suhu lebih dari itu, MnO lebih mudah bereaksi dibanding NiO. ZnO memiliki nilai Delta Gibbs energy yang lebih tinggi dibanding yang lain, yang menunjukkan spontanitas reaksi lebih rendah. Namun demikian, secara realita, reaksi tersebut tidak dapat berjalan secara spontan pada kondisi material yang dicampur di suhu ruang.

Gambar 3 menunjukkan Delta Enthalpy yang menggambarkan reaksi endotermik dan eksotermik dari material. Reaksi NiO memiliki nilai yang paling rendah dibanding ke duanya. MnO memiliki nilai sedikit lebih tinggi dari NiO, dan ZnO memiliki nilai yang lebih tinggi.

Gambar 4 menunjukkan hasil analisis DTA dari sample yang digunakan. Dari hasil tersebut diketahui bahwa a). kalsinasi/reaksi kimia mulai terjadi bersamaan dengan mulai dinaikannya suhu proses; b). kalsinasi terjadi pada suhu 200-300°C, dan berakhir pada suhu dibawah 450°C; c). substitusi NiO ke MnO menurunkan kebutuhan energi untuk reaksi dan cenderung untuk sedikit menurunkan suhu kalsinasi.



Gambar 4: Hasil analisis DTA untuk sample a = 1, b = 2, c = 3, d = 4

IV. SIMPULAN

Telah dilakukan studi simulasi reaksi dan analisis DTA untuk pembentukan ferrite dengan imbuhan NiO, MnO, ZnO dan CuO. Diagram delta Gibbs Energy menunjukkan bahwa semua reaksi dapat berlangsung sejak suhu kamar. Namun demikian, kalsinasi terjadi pada suhu 200-300°C, dan berakhir pada suhu dibawah 450°C. Substitusi NiO ke MnO menurunkan kebutuhan energi untuk reaksi. Substitusi NiO ke MnO menunjukkan kecenderungan untuk menurunkan suhu kalsinasi.

- [1] T. Nakamura, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **168**, 285-291 (1997).
- [2] P. Priyadharsinia, *et al.*, *Materials Chemistry and Physics*, **116**, 207-213 (2009).
- [3] A.C.F.M. Costa, *et al.*, *Journal of Alloys and Compounds*, **483**, 563-565 (2009).
- [4] G.S. Shahane, *et al.*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **322**, 1015-1019 (2010).
- [5] P. Priyadharsinia, *et al.*, *Physica B* **404**, 689-691 (2009).
- [6] N. Petchsang, *et al.*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **32**(13), 1990-1995 (2009).
- [7] L. Li, *et al.*, *Journal of Alloys and Compounds*, **476**,(1-2), 755-759 (2009).
- [8] H. Su, *et al.*, *Physica B: Condensed Matter*, In Press, 2010.
- [9] S. Peng, J. Xie, S. Sun, *Journal of Solid State Chemistry*, **181** (7), 1560-1564 (2008).
- [10] S. H. Chen, *et al.*, *Journal of the European Ceramic Society*, **21**,(10-11), 1931-1935 (2001).
- [11] T. Iwamoto, *et al.*, *Journal of Colloid and Interface Science*, **345**,(2), 143-148 (2010).
- [12] S. Bid, S.K. Pradhan, *Materials Chemistry and Physics*, **84**, 291-301 (2004).
- [13] S. Bid, S.K. Pradhan, *Materials Chemistry and Physics*, **82**, 27-37 (2003).
- [14] M. Sinha, H. Dutta, S.K. Pradhan, *Physica*, **E 33**, 367-369 (2006).
- [15] J. Azadmanjiri, *Materials Chemistry and Physics*, **109**, 109-112 (2008).
- [16] S. Dasgupta, *et al.*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **306**, 9-15 (2006).
- [17] P.P. Sarangi, B. Naik, N.N. Ghosh, *Powder Technology*, **192**, 245-249 (2009).
- [18] D.S. Mathew, Ruy-Shin Juang, *Chemical Engineering Journal*, **129**, 51-65 (2007).
- [19] Z. Zhong, *et al.*, *Powder Technology*, **155**, 193-195 (2005).
- [20] M.U. Islama, *et al.*, *Solid State Communications*, **130**, 353-356 (2004).