

## Sintesis Nanopartikel *Manganese Ferrite* ( $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ) dari Pasir Besi dan Mangan Alam dengan Metode Kopesipitasi

Nixcoriani Putri<sup>\*</sup>, Dwi Puryanti

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

---

### Info Artikel

#### *Histori Artikel:*

Diajukan: 16 Januari 2020  
Direvisi: 24 Januari 2020  
Diterima: 29 Januari 2020

---

#### *Kata kunci:*

mangan ferit  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 $\text{MnO}$   
suseptibilitas magnetik  
nanopartikel

---

#### *Keywords:*

*manganese ferrite*  
 *$\text{Fe}_2\text{O}_3$*   
 *$\text{MnO}$*   
*magnetic susceptibility*  
*nanoparticles*

---

#### *Penulis Korespondensi:*

Nixcoriani Putri  
Email: [nixcorianiputri@gmail.com](mailto:nixcorianiputri@gmail.com)

---

### ABSTRAK

Sintesis nanopartikel Manganese ferrite telah dilakukan menggunakan metode kopesipitasi dengan memvariasikan konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  1,5 M; 5 M; dan 10 M. Bahan baku yang digunakan adalah pasir besi dan mangan alam. X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), dan Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter masing-masing digunakan untuk mengkarakterisasi struktur, ukuran partikel dan sifat magnetik mangan ferit yang dihasilkan. Ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Scherrer dimana ditemukan bahwa ukuran kristal meningkat seiring dengan berkurangnya konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  sebesar 27 nm, 26 nm, dan 20 nm. Ukuran partikel dihitung menggunakan *Software Image-J* menunjukkan bahwa ukuran partikel tidak berubah yaitu sebesar 27 nm. Variasi konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  berada dalam rentang mineral hematite 86,51 - 423,75 ( $\times 10^{-8}\text{m}^3\text{kg}^{-1}$ ) yang memiliki sifat antiferomagnetik. Mangan ferit yang dihasilkan termasuk dalam karakteristik mangan lunak.

---

*Nanoparticles manganese Ferrite have been synthesis using copresipitacion method with various concentration of  $\text{NH}_4\text{OH}$  1,5 M; 5 M; and 10 M. Raw materials used are iron sand and natural manganese. X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), and Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter we used to characterize the structure, particle size, and magnetic properties of the resulted manganese ferrite. The crystal size was estimated using the Scherrer formula the particle size increased 27 nm; 26 nm; dan 20 nm with the decrease of  $\text{NH}_4\text{OH}$ . The particle size was estimated using software Image-J were found that the particle size of 27 nm increased with the decrease of concentration of  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Magnetic characterization of manganese ferrite nanoparticles was investigated by using a magnetic susceptibility.  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentration various is on the range of hematite minerals 86,51-423,75 ( $\times 10^{-8}\text{m}^3\text{kg}^{-1}$ ) which have antiferomagnetic properties.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Batuan besi merupakan sumber besi yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari dibandingkan dengan logam yang lain, hal ini disebabkan karena harganya yang terjangkau dan kegunaannya yang banyak. Batuan besi memiliki mineral-mineral seperti magnetit ( $Fe_3O_4$ ), hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dan maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ ) yang berpotensi menjadi bahan industri berdasarkan sifat magnetnya. Proses oksidasi pada bahan magnetit akan mengubah bahan ini menjadi maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ ) atau hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) (Yulianto dkk., 2003). Material magnetik digunakan berbagai bidang seperti: elektronika, energi, kimia, ferrofluida, katalis, keramik, komposit, bahan magnetik, sensor, dan pada bidang medis sebagai sistem pengangkutan obat-obatan atau *Drug Delivery System* (DDS), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan terapi kanker.

Ferit merupakan material magnetik yang mempunyai permeabilitas dan resistivitas intrinsik yang tinggi. Material ferit dibagi menjadi dua yaitu ferit keras dan ferit lunak. Ferit keras adalah turunan dari struktur magneto plumbit yang dapat ditulis sebagai  $MFe_{12}O_{19}$ , dimana  $M = Ba, Sr, Pb$ . Bahan ini mempunyai medan koersivitas dan remanen yang tinggi dan mempunyai struktur kristal heksagonal dengan momen-momen magnetik yang sejajar dengan arah sumbu. Ferit Lunak, mempunyai formula  $MFe_2O_4$  dimana  $M$  adalah  $Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Mg$  dengan struktur kristal kubik spinel.

Mangan ferit ( $MnFe_2O_4$ ) merupakan salah satu material ferit lunak yang digunakan pada industri telekomunikasi dan rekayasa elektronik seperti *microwave device*, memori komputer, *radio frequency coil fabrication*, *drug delivery system*, media penyimpanan data, dan *transformer cores*. Mangan ferit memiliki tingkat kestabilan terhadap pengaruh medan luar serta temperatur yang cukup baik dan ini menyebabkan bahan mangan ferit tidak mudah terkorosi, dan memiliki sifat mekanik yang kuat (Zipare dkk., 2015).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk mengetahui maupun mensintesis nanopartikel mangan ferit dengan berbagai macam metode antara lain; reaksi padatan, hidrotermal, *electrospinning*, dan kopresipitasi (Mishra dkk., 2006; Wolski dkk, 1995; Maesirid dkk., 2008; Tawainella dkk., 2014).

Pada penelitian ini, nanopartikel *manganese ferrite* disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Metode ini relatif sederhana, murah dan ukuran partikel dapat disetel dengan mengoptimalkan parameter reaksi seperti suhu, pH, dan kekuatan ionik yang ditimbulkan oleh garam yang tidak menyatu (Zipare dkk, 2015). Sampel ini memvariasikan parameter konsentrasi agen pengendap  $NH_4OH$  dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat ukuran kristal dan struktur kristal yang terbentuk dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat morfologi permukaan sampel yang terbentuk serta ukuran partikel yang diperoleh. Pengujian susceptibilitas magnetik dilakukan menggunakan alat *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter*.

## II. METODE

### 2.1 Sintesis Nanopartikel Mangan Ferit

Pembuatan sampel dilakukan beberapa tahapan. Pertama sampel pasir besi terlebih dahulu diekstrak dengan magnet permanen untuk memisahkan pasir biasa dengan pasir besi. Sedangkan sampel mangan alam dihancurkan menggunakan palu untuk memperoleh ukuran sampel yang lebih kecil dan kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh dengan hasil ukuran  $\leq 75 \mu m$ . Sintesis material  $Fe_3O_4$  dari pasir besi dan  $MnO$  dari mangan alam yaitu masing-masing sampel ditimbang sebanyak 2,52 g dan 8,2 g dilarutkan dalam HCL sebanyak 20 ml dan distirer selama 60 menit pada suhu  $800^\circ C$ . Larutan hasil sintesis tersebut disaring dan diambil filtratnya dan residu larutan dibuang, selanjutnya larutan diendapkan dalam larutan  $NH_4OH$  50 ml dengan variasi 1,5 M; 5 M; dan 10 M dengan aquades 10 ml dan HCL 37% (3,37 ml) kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia dan di stirrer selama 60 menit pada suhu  $800^\circ C$ . Hasil larutan  $MnFe_2O_4$  yang terbentuk diletakkan diatas magnet permanen untuk memisahkan endapan  $MnFe_2O_4$  dengan larutannya, hasil endapan yang terbentuk berwarna hitam dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan dengan hot plate, selanjutnya di oven menggunakan suhu  $800^\circ C$  untuk pengeringan selama 60 menit dan lakukan karakterisasi.

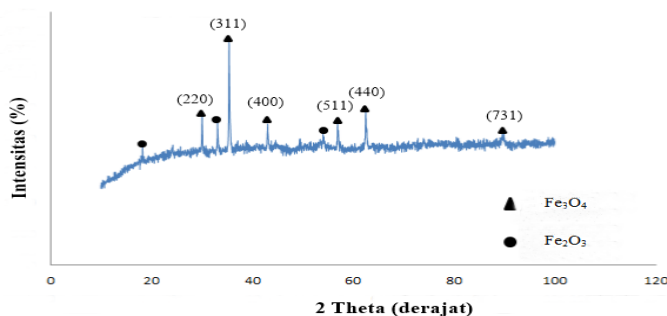
## 2.2 Karakterisasi Nanopartikel Mangan Ferit

Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium Fisika Material Universitas Negeri Padang (UNP) untuk melihat bentuk dan ukuran krsital yang diperoleh. Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) untuk melihat morfologi Permukaan sampel dan ukuran kristal. Pengujian Suseptibilitas Magnetik dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi Universitas Andalas. Pengujian dilakukan untuk melihat sifat magnetik yang terdapat dalam sampel  $MnFe_2O_4$  dengan menggunakan alat *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter*.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Analisis Fasa Kristal $Fe_3O_4$ Pasir Besi

Difraktogram sinar-x menunjukkan bahwa terdapat dua fasa pada sampel pasir besi yaitu fasa  $Fe_3O_4$  dan fasa  $Fe_2O_3$ . Pada fasa  $Fe_3O_4$  memiliki puncak dengan intensitas tertinggi pada sudut  $35,40510$  dengan indeks Miller (311) yang merupakan puncak dari fasa  $Fe_3O_4$ . Berdasarkan indentifikasi dari pencocokan data diperoleh puncak-puncak difraksi pada sudut  $2\theta$  untuk fasa  $Fe_3O_4$  adalah sebagai berikut  $30,06070$ ;  $35,40510$ ;  $43,05270$ ;  $56,97100$ ;  $62,50300$ ; dan  $89,66670$  dengan indeks Miller masing-masing yaitu (220), (311), (400), (511), (440), dan (731). Gambar 1 menunjukkan kandungan sampel pada bahan  $Fe_3O_4$  diperoleh sebesar  $82,55\%$  yang menunjukkan bahwa fasa  $Fe_3O_4$  lebih dominan dari pada fasa  $Fe_2O_3$  yang berjumlah  $17,45\%$ .



Gambar 1 Hasil pengujian XRD sampel pasir besi

### 3.2 Struktur dan Ukuran Kristal

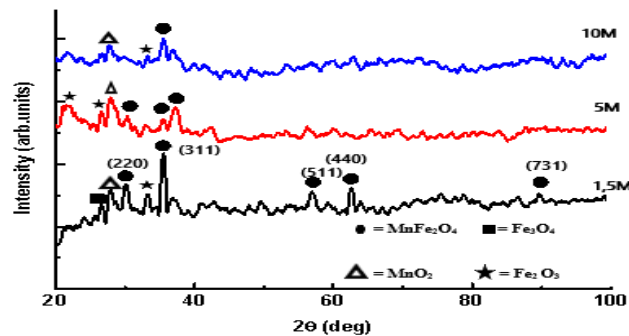
Hasil uji XRD nanopartikel mangan ferit dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  yaitu  $1,5\text{ M}$ ;  $5\text{ M}$ ;  $10\text{ M}$  dapat dilihat pada Gambar 2. Pada konsentrasi  $1,5\text{ M}$  mempunyai intensitas tertinggi yaitu pada posisi  $2\theta = 35,4831$  dengan indeks Miller (311) yang merupakan puncak dari fasa  $MnFe_2O_4$  yang strukturnya kubik. Pada sampel  $1,5\text{ M}$  terdapat 8 puncak yang terdiri dari 6 puncak  $MnFe_2O_4$ , 1 puncak  $Fe_3O_4$ , 1 puncak  $MnO_2$ , dan 1 puncak  $Fe_2O_3$ . Hasil difraksi menunjukkan bahwa proses sintesis yang dilakukan berhasil mendapatkan bahan  $MnFe_2O_4$ . Hasil tersebut terbukti dengan adanya kemunculan puncak-puncak difraksi yang merupakan puncak  $MnFe_2O_4$  yang lebih dominan dibandingkan puncak-puncak difraksi  $Fe_3O_4$ ,  $MnO_2$ , dan  $Fe_2O_3$ . Ukuran kristal yang diperoleh pada konsentrasi  $1,5\text{ M}$  adalah  $27\text{ nm}$ .

Sampel dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  pada sampel  $5\text{ M}$  mempunyai intensitas tertinggi yang diperoleh pada posisi  $2\theta = 21,8900^\circ$  dengan indeks Miller (311). Pada sampel  $5\text{ M}$  terdapat 6 puncak yang terdiri dari 3 puncak  $MnFe_2O_4$ , 2 puncak  $Fe_2O_3$ , dan 1 puncak  $MnO_2$ . Ukuran kristal yang diperoleh pada konsentrasi  $5\text{ M}$  adalah  $26\text{ nm}$ .

Pada sampel  $10\text{ M}$  memiliki intensitas tertinggi pada posisi  $2\theta = 35,6273^\circ$  dengan indeks Miller (311). Pada sampel  $10\text{ M}$  terdapat 3 puncak yang terdiri dari 1 puncak  $MnFe_2O_4$ , 1 puncak  $Fe_2O_3$ , dan 1 puncak  $MnO_2$ . Ukuran kristal yang diperoleh pada konsentrasi  $10\text{ M}$  adalah  $20\text{ nm}$ .

Berdasarkan indentifikasi dari pencocokan data diperoleh puncak-puncak difraksi pada sudut  $2\theta$  untuk fasa  $MnFe_2O_4$  adalah sebagai berikut  $30,1106^\circ$ ;  $35,4831^\circ$ ;  $57,0341^\circ$ ;  $62,5934^\circ$ ; dan  $89,6117^\circ$  yang sesuai dengan indeks Miller yaitu (220), (311), (511), (440), dan (731). Hasil difraktogram sinar-

x menunjukkan bahwa selain fasa  $MnFe_2O_4$  terdapat juga fasa lain yang berkaitan dengan impuritas (pengotor) yang ada pada sampel yang diuji. Fasa pengotor yang muncul ini diantaranya fasa  $\alpha-Fe_2O_3$  (*hematite*) yang terhasil jika sintesis nanopartikel berlangsung pada suhu dibawah 950 K (Gubin, 2015 dalam Tawainella dkk, 2014). Menurut Tawainella dkk (2014) kehadiran  $\alpha-Fe_2O_3$  (*hematite*) disebabkan karena ion-ion sampel yang bereaksi dengan ion-ion oksigen.

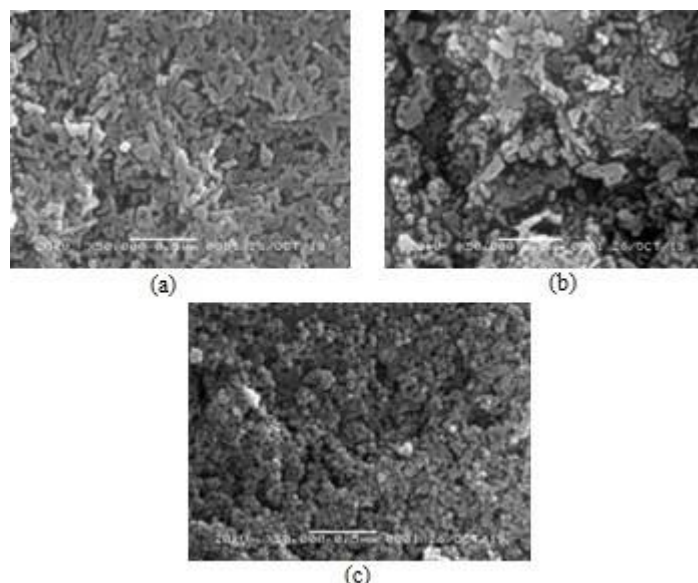


**Gambar 2** Hasil Pengujian XRD sampel  $MnFe_2O_4$  dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  1,5 M; 5 M; dan 10 M.

Hasil difraktogram XRD dari semua sampel menunjukkan konsentrasi  $NH_4OH$  berpengaruh terhadap puncak mangan ferit yang dihasilkan dimana semakin besar konsentrasi  $NH_4OH$  maka ukuran kristal yang diperoleh semakin kecil.

### 3.3 Morfologi Permukaan

Pengujian SEM dilakukan dengan perbesaraan 50.000 kali untuk mengetahui morfologi permukaan sampel nanopartikel mangan ferit. Gambar 3 merupakan hasil karakterisasi SEM untuk sampel mangan ferit dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  a (1,5 M); b (5 M); dan c (10 M). Pada gambar terlihat bahwa partikel yang terbentuk memiliki morfologi dan ukuran yang hampir sama. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa sampel (a) memiliki morfologi permukaan partikel yang halus, dan tersebar merata. Seiring kenaikan konsentrasi  $NH_4OH$  pada sampel variasi (b) dan variasi (c) memiliki morfologi permukaan partikel yang berbentuk acak, tidak merata dan tidak beraturan, pada sampel (b) dan (c) juga telah terjadi pengumpulan atau aglomerasi pada sampel tersebut dan ini ditandai dengan adanya gumpalan warna hitam pada sampel.



**Gambar 3** Hasil pencitraan SEM nanopartikel  $MnFe_2O_4$  dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  (a)1,5 M; (b) 5 M; dan (c) 10 M

Hasil mikrograf SEM dapat digunakan untuk menghitung ukuran nanopartikel mangan ferit dengan menggunakan *software* Image-J. Hasil ukuran partikel mangan ferit dengan variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH 1,5 M; 5 M; 10 M diperoleh sebesar 27 nm; 27 nm; dan 27 nm yang menunjukkan pengaruh variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH terhadap ukuran nanopartikel mangan ferit yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH maka ukuran partikel yang dihasilkan semakin kecil.

### 3.4 Analisis Suseptibilitas Magnetik

Pengujian suseptibilitas magnetik dilakukan menggunakan alat *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter*. Nilai suseptibilitas magnetik masing-masing sampel ditampilkan pada Tabel 1. Uji sampel dalam 15 arah dilakukan pada LF (*Low Frequency*) dan HF (*High Frequency*). Uji suseptibilitas magnetik dengan dual frekuensi ini untuk menentukan nilai  $\chi_{FD}$  (%) (*Frequency dependent susceptibility*) sehingga dapat diketahui keberadaan partikel superparamagnetik di dalam sampel

**Tabel 1** Nilai suseptibilitas magnetik dengan variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH 1,5 M; 5 M; dan 10 M.

Sampel (MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	Nilai Suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ ) ( $\times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ )	
	LF	HF
1,5M	423,75	414,08
5M	86,51	85,87
10M	411,57	360,8

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik tertinggi yaitu pada sampel 1,5 M semakin tinggi nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan semakin sensitif terhadap pengaruh medan magnet. Namun, hal ini tidak berlaku pada sampel 5 M. Berdasarkan nilai suseptibilitas dapat ditentukan sifat magnet untuk masing-masing sampel. Nilai suseptibilitas magnetik MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> kesemua variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH berada dalam rentang mineral Hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sehingga digolongkan memiliki sifat antiferomagnetik (Hunt, 1995).

Hasil perhitungan nilai  $\chi_{FD}$  (%) yang diperoleh dari persamaan 2.1 untuk masing-masing sampel dengan variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH 1,5 M; 5 M; dan 10 M berturut-turut adalah 2,28 %, 0,74 %, dan 12,34 %. Nilai-nilai  $\chi_{FD}$  (%) untuk sampel 1,5 M sebesar 2,28 % mengandung bulir superparamagnetik antara 10 % sampai dengan 75 % yang merupakan campuran antara bulir superparamagnetik yang berukuran halus dan kasar. Pada sampel 5 M nilai  $\chi_{FD}$  (%) yang diperoleh 0,74 % menunjukkan bahwa sampel mengandung kurang dari 10 % bulir superparamagnetik. Nilai  $\chi_{FD}$  (%) pada sampel 10 M mempunyai persentase paling tinggi yaitu sebesar 12,34 % yang menunjukkan bahwa sampel 10 M mengandung lebih dari 75 % bulir superparamagnetik (Dearing, 1999).

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian sintesis nanopartikel *manganese ferrite* (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) berbasis pasir besi dan mangan alam dengan metode kopresipitasi dapat disimpulkan bahwa Nanopartikel *Manganese Ferrite* (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) pada hasil XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan bahwa ukuran kristal menurun 27 nm; 26 nm; dan 20 nm seiring dengan kenaikan konsentrasi NH<sub>4</sub>OH 1,5M; 5M; dan 10M. Hasil karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa ukuran partikel menurun seiring bertambahnya konsentrasi NH<sub>4</sub>OH 1,5M; 5M; dan 10M berturut-turut dari 27 nm. Nilai suseptibilitas magnetik MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> kesemua variasi konsentrasi NH<sub>4</sub>OH adalah 86,51-423,75 ( $\times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ) berada dalam rentang mineral Hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang memiliki sifat antiferomagnetikucapan terima kasih, (style template 610.judul bab tanpa nomor), (jika ada)

## DAFTAR PUSTAKA

- Dearing, J., *Environmental Magnetic Suseptibility Using the Bartington MS2System*, (Chi Publishing, England, 1999).
- Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K, *Magnetic Properties of Rock and Minerals*, American Geophysical Union, (Washington, 1995).

- Maensiri, S., Sangmanee, M & Wiengmoon, A, 2008, Magnesium Ferit ( $MgFe_2O_4$ ) Struktur Nano dibuat oleh electrospining, *Nano Research Letters*. **4(3)**; 221-228
- Mishra, S., Kundu, TK., Barick, KC., Bahadur., Chakravorty, D, “ Persiapan nanokristalin  $MnFe_2O_4$  didoping dengan  $Ti^{4+}$  ion menggunakan Reaksi Solid State”, *Journal of Magnetism & Bahan Magnetic*, **307(2)**: 222-226 (2006).
- Tawainella, D,R., Riana, Y., Fatayati, R., Ameliya., Kato, K., Iwata, S., Surhayadi, E., 2014, “Sintesis Nanopartikel Mangan Ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya,” *Jurnal Fisika Indonesia*, 52, XVIII, ISSN: 1410-2994 (2014)
- Wolski, W., Wolska, E., Kaczmarek, J., Piszora, P., *Pembentukan Ferit Mangan dengan Metode Hidrotermal Dimodifikasi*, *Phys. Status solidi* 152, 19-22 (1995).
- Yulianto, A., Bijaksana S., Loeksmanto, W., Kurnia, D., “Produksi Hermatit ( $\alpha$ - $Fe_2O_3$ ) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan”, *Jurnal Fisika Universitas Negeri Malang* (2003)
- Zipare, J., Dhumal, S., Bandgar, V., Mathe, G., Shahane., “Super-Paramagnetic Manganese Ferit Nanoparticles, Synthesis and Magnetic Properties”, *Journal of Nanoscience and Nanoengineering*, **1(3)**:178-82 (2015).