

## Sintesis Nanopartikel Zink Ferit ( $ZnFe_2O_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Struktur Kristalnya

Cinthia Gestarila\*, 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: 17 Januari 2020  
Direvisi: 24 Januari 2020  
Diterima: 29 Januari 2020

#### Kata kunci:

zink ferit ( $ZnFe_2O_4$ )  
kopresipitasi  
suseptibilitas magnet

#### Keywords:

zinc ferrit  
coopresipitation  
magnetic susceptibility

#### Penulis Korespondensi:

Cinthia Gestarila  
Email: [cinthiatia30@yahoo.co.id](mailto:cinthiatia30@yahoo.co.id)

---

### ABSTRAK

Penelitian mengenai sintesis nanopartikel  $ZnFe_2O_4$  telah dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Sintesis nanopartikel dilakukan dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$  yaitu 1,5 M, 3 M, dan 6 M. Nanopartikel  $ZnFe_2O_4$  dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan ukuran kristal yang dihasilkan pada sampel. Ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Scherrer dan diperoleh berturut-turut adalah 26 nm; 26 nm; dan 27 nm. SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel. Hasil perhitungan menggunakan *image-j* diperoleh ukuran partikel berturut-turut adalah 49 nm; 43 nm; dan 34 nm. Nilai suseptibilitas magnet  $ZnFe_2O_4$  yang dihasilkan berturut-turut adalah  $997,3 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ ;  $102,6 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ ; dan  $739 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ .

*Research on synthesis of zinc ferrite ( $ZnFe_2O_4$ ) nanoparticles has been conducted using the coopresipitation method. Synthesis of nanoparticles was carried out with variations in  $NH_4OH$  concentrations of 1.5 M, 3 M, and 6 M.  $ZnFe_2O_4$  nanoparticles were characterized using XRD (*X-Ray Diffraction*) and SEM (*Scanning Electron Microscope*). XRD (*X-Ray Diffraction*) is carried out to determine the phases contained and the size of the crystal produced in the sample. The size of crystals is calculated using the Scherrer equation obtained that the results are 26; 26; and 27 nm. SEM is performed to determine the surface morphology and particle size. The results of characterization using *image-j* are 49 nm; 43 nm; and 34 nm. The susceptibility test using bartington MS2 magnetic susceptibility meters was performed to determine the value of magnetic contained in the material. The result of successive magnetic susceptibility are  $997.3 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ ;  $102.6 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ ; and  $739 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ .*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

---

## I. PENDAHULUAN

Keberadaan pasir besi yang terdistribusi secara luas serta jumlahnya melimpah di Indonesia menjadi daya tarik untuk dikembangkan menjadi produk yang lebih bernilai dan berdaya guna (Yulianto dkk., 2010). Pasir besi merupakan pasir yang memiliki ciri warna kehitaman. Warna hitam yang dimiliki pasir besi berasal dari mineral magnetit yang terkandung didalamnya. Pasir besi mempunyai kandungan mineral magnetik yaitu magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), merupakan mineral magnetik yang paling dominan yang terdapat dalam pasir besi (Yulianto dkk., 2003). Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan ferit spinel yang menarik untuk kajian para ahli karena memiliki aplikasi yang luas seperti pada bidang industri seperti keramik magnet, katalis dan *energy storage*. Penelitian yang lain juga melaporkan bahwa magnetit memiliki kegunaan di bidang biomedis yaitu pembuatan nanopartikel sebagai *drug delivery*, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), mediasi magnetik hipertermia untuk pengobatan kanker (Zhang dkk., 2013).

Ferit mempunyai formula umum  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  dimana M adalah logam divalen contohnya Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Mg. Sifat bahan ini mempunyai permeabilitas dan hambatan jenis yang tinggi serta koersivitas rendah (Maity dan Agrawal, 2007). Bahan magnetik ferit yang bervariasi dapat dihasilkan berdasarkan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang berstruktur spinel. Salah satu variasi ferit spinel dihasilkan dengan mensubstitusi logam divalen Zn menggantikan M sehingga menghasilkan zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ).

Beberapa tahun terakhir pengembangan bahan magnetik oleh para ahli lebih diminati dalam ukuran nanometer. Nanopartikel magnetik dipilih untuk dikembangkan karena sifat yang potensial di bidang industri listrik dan elektronik. Nanopartikel zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) merupakan salah satu nanopartikel yang banyak diminati karena sifat kimia dan stabilitas termalnya yang unik yaitu adanya fenomena superparamagnetik, serta ketergantungan sifat magnetiknya pada ukuran partikel (Buschow, 2005). Sifat superparamagnetik merupakan sifat material yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi medan dari luar, namun ketika tidak ada medan magnet dari luar maka nilai magnetisasi rata-ratanya nol.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis nanopartikel zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) untuk mengetahui konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  terhadap ukuran kristal dengan menggunakan metode kopresipitasi. Hasil kajian dari penelitian ini diharapkan dapat memperoleh informasi upaya pengontrolan ukuran nanopartikel zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang industri. Sampel yang diperoleh akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan ukuran kristal yang dihasilkan pada sampel. Morfologi permukaan dan ukuran partikel akan dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Uji suseptibilitas dilakukan untuk mengetahui nilai suseptibilitas magnetik yang terkandung dalam bahan.

## II. METODE

### 2.1 Preparasi Bahan

Persiapan bahan sebelum sintesis zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) adalah Pasir besi di ayak dengan menggunakan ayakan berukuran 200 mesh sehingga menghasilkan serbuk berukuran  $\leq 75 \mu\text{m}$ . Selanjutnya digunakan magnet permanen untuk memisahkan mineral magnetik (sampel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan mineral nonmagnetik.

### 2.2 Sintesis Zink Ferit

Proses sintesis zink ferit ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ) dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Awalnya 10 gr  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dicampurkan dengan 20 ml HCl yang diaduk selama 60 menit dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Hasil penyaringan tersebut dicampur dengan 2,30 gr  $\text{ZnCl}_2$ ; 3,37 ml HCl (37%) di dalam 20 ml aquades hingga homogen. Selanjutnya masukkan campuran larutan ke dalam 50 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  selama 60 menit dengan variasi konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  yaitu 1,5 M, 3 M, dan 6 M. Larutan yang terbentuk ditempatkan dalam gelas kimia di atas magnet permanen untuk mempercepat pengendapan. Kemudian endapan tersebut dicuci dengan aquades selama 6 kali pengulangan untuk menghilangkan pengotor yang ada didalam endapan. Endapan hasil pencucian kemudian dipanaskan dalam furnace sampai kering pada suhu  $200^\circ\text{C}$  selama 2 jam untuk mendapatkan sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dalam bentuk serbuk.

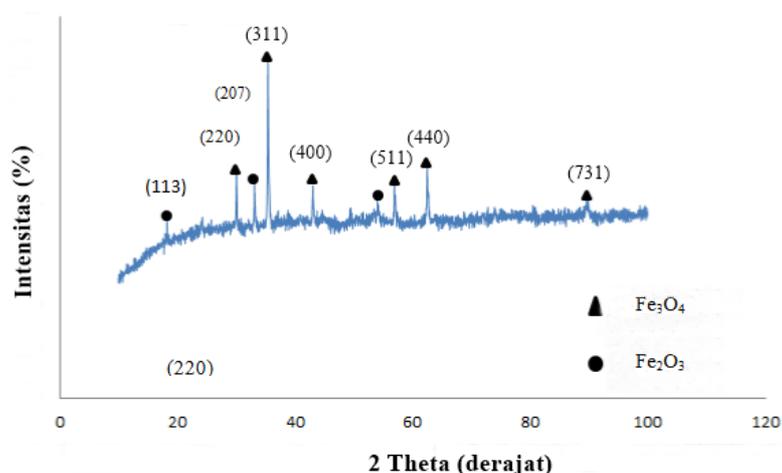
### 2.3 Karakterisasi Zink Ferit

Karakterisasi XRD sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dilakukan untuk mengetahui ukuran kristal dan karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel. Karakterisasi ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai morfologi permukaan  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ . Uji suseptibilitas magnetik dilakukan untuk mengetahui nilai suseptibilitas magnetik yang terkandung dalam bahan.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffractometer*) Pasir Besi

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X dari pasir besi yang disintesis. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan terbentuknya fasa yang terkandung pada sampel. Berdasarkan identifikasi dari pencocokan data diperoleh puncak-puncak difraksi pada sudut  $2\theta$  untuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah  $35,413^\circ$ , dengan indeks Millernya (311).



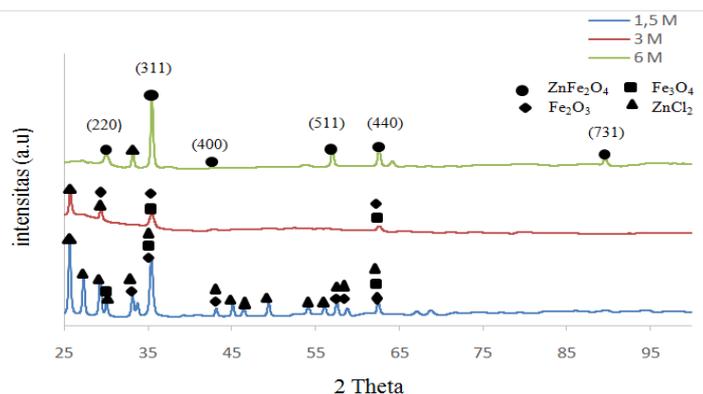
Gambar 1 Pola difraksi sinar-X pasir besi

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa puncak  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  lebih banyak puncak yang terbentuk dibandingkan puncak  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Pernyataan ini sesuai dengan pernyataan Vogel (1979) yang menyatakan bahwa magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan mineral yang kandungannya paling tinggi yang terdapat dalam pasir besi.

### 3.2 Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffractometer*) Zink Ferit

Gambar 2 menunjukkan hasil difraksi sinar-X yang memperlihatkan pola difraksi pada sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dengan variasi konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  yaitu 1,5 M, 3 M dan 6 M. Hasil karakterisasi XRD nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dari puncak yang terekam dari  $25^\circ$  hingga  $95^\circ$  memperlihatkan bahwa sampel yang telah disintesis memiliki struktur kisi bravais pusat muka. Hal ini dapat dilihat pada nilai indeks Miller yang tidak ada satupun nilai ganjil dan genap yang bercampur. Puncak difraksi utama dari sampel yaitu pada sudut  $2\theta$  adalah  $35,530^\circ$ , dimana indeks Miller nya yaitu (311).

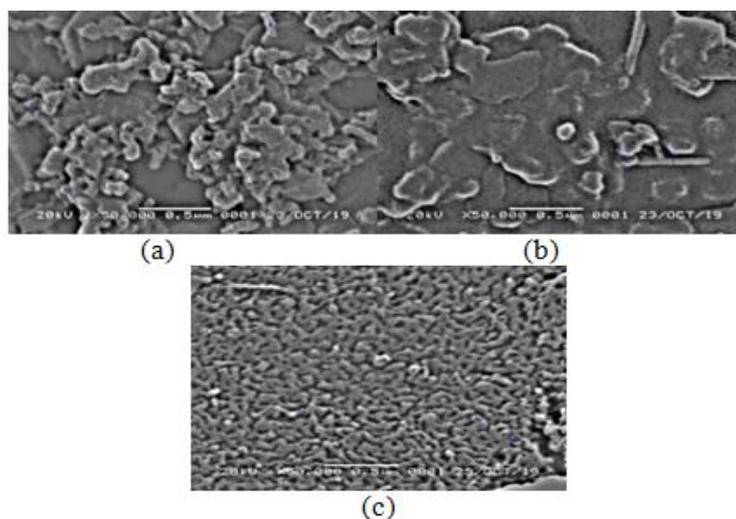
Pada Gambar 2 puncak-puncak yang lain dengan intensitas terendah yang secara berturut-turut yaitu (220), (400), (511), (440) dan (731) yang juga teramati pada sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ . Pada hasil sampel 1,5 M dan 6 M terlihat puncak intensitas yang tinggi sementara pada sampel 3 M tidak demikian. Hal ini disebabkan karena pengaruh kristalinitas yang dihasilkan kecil sehingga, puncak yang dihasilkan rendah.



Gambar 2 Pola difaksi sinar-X pada  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$

### 3.3 Morfologi Permukaan

Gambar 3 menunjukkan hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dengan perbesaran 50.000 kali. Hasil karakterisasi SEM untuk semua sampel yang menunjukkan perbandingan morfologi dari sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ . Gambar 3 (a-c) memperlihatkan hasil SEM pada sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dengan variasi 1,5 M, 3 M dan 6 M.



Gambar 3 Morfologi Permukaan Pada sampel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  (a) 1,5 M (b) 3 M (c) 6 M

Pada Gambar 3 (a) dapat dilihat partikel memiliki diameter sekitar 49 nm. Permukaan sampel memiliki distribusi partikel yang tidak seragam. Butiran yang terbentuk halus dan cenderung menggumpal. Gambar 3 (b) menunjukkan permukaan sampel dengan distribusi partikel yang tidak seragam. Butiran yang terbentuk halus dan cenderung menggumpal. Partikel memiliki diameter sekitar 43 nm. Gambar (c) menunjukkan permukaan sampel dengan distribusi partikel yang tidak seragam. Butiran yang terbentuk halus dan tidak cenderung menggumpal dengan diameter sekitar 34 nm. Dari hasil SEM dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang digunakan maka ukuran partikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  yang dihasilkan juga semakin kecil.

### 3.4 Uji Suseptibilitas Magnetik

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  $ZnFe_2O_4$

| Konsentrasi<br>$NH_4OH$ | Nilai suseptibilitas Magnetik ( $\chi_m$ )<br>( $\times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ ) |       | $\chi_{FD}$ (%) |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------|
|                         | LF                                                                             | HF    |                 |
| 1,5 M                   | 977,3                                                                          | 907,1 | 7,1             |
| 3 M                     | 102,6                                                                          | 102,9 | 0,29            |
| 6 M                     | 739                                                                            | 736,5 | 0,33            |

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (LF) lebih tinggi daripada suseptibilitas magnetik pada frekuensi tinggi (HF). Menurut Tiwow dkk. (2018) pengukuran pada frekuensi yang lebih tinggi tidak memungkinkan bulir superparamagnetik bereaksi dengan medan magnet yang digunakan, akibatnya nilai suseptibilitas yang dihasilkan pada frekuensi tinggi lebih rendah. Pada frekuensi Tinggi (HF) hanya nilai suseptibilitas yang rendah yang terkandung nilai suseptibilitas magnetik (Tiwow dkk., 2018). Pada uji suseptibilitas magnetik dengan semakin tinggi nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan maka semakin sensitif terhadap pengaruh medan luar. Hasil ini memperlihatkan bahwa semakin kecil variasi konsentrasi pengendap  $NH_4OH$  yang digunakan maka semakin kecil nilai  $\chi_{FD}$  (%) yang diperoleh dan kandungan bulir superparamagnetiknya juga sedikit.

#### IV. KESIMPULAN

Nanopartikel zink ferit ( $ZnFe_2O_4$ ) telah berhasil disintesis dengan metode kopresipitasi dengan variasi konsentrasi  $NH_4OH$ . Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh variasi konsentrasi terhadap karakteristik zink ferit yaitu dimana semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka ukuran kristal dan ukuran partikel yang dihasilkan semakin menurun. Analisis sifat kemagnetan menunjukkan pengaruh konsentrasi  $NH_4OH$  terhadap nilai suseptibilitas magnet apabila semakin kecil variasi konsentrasi yang diberikan maka semakin besar nilai suseptibilitas yang dihasilkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Buschow, KHJ, *Concise Encyclopedia Of Magnetic and Superconducting Materials*, (Plenum, New York, 2005).
- Maity, D, Agrawal, D, C, "Syhtesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Non Aqueous and Non Aqueous Media", *Journal of Magnetism and Magnetics*, 308,46-55 (2007).
- Tiwow, V. A., Rampe, M. J., Arsyad, M, "kajian Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi terhadap Pasir Besi kabupaten Takalar, *Jurnal Sainsmat*, 7(2), 2579-5685, 136-146 (2018).
- Vogels, *Texbook of Macro and Semmicro Qualitative Inorganic Analysis* Fifth Edition.(New York , Longman Group1997).
- Yan, A. X., Liu, G., Qiu, N., Zhang, R., Shi, R., Yi, M., Tang dan Che, *Solid state communication*, 039 (2007).
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmento, W., Kurnia, D, "Produksi Hematite ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dari Pasir Besi : Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan", *Indonesian Journal of Material Science*, 5, (2003).
- Yulianto, A., danAji, Mahardika, Prasetya,"Fabrikasi Mn-Ferit dari Bahan Alam Pasir Besi serta Aplikasinya untuk Core Induktor", *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI*, 128-133 (2010).
- Zhang., Luxin., dan Yu, H,"Conversion of xylan and xylose into furfural in biorenewable deep eutectic solvent with trivalent metal chloride add", *BioResources*, 8(4), 6014-6025 (2013).