

**PENGARUH PENAMBAHAN *POLYETHYLENE GLYCOL*
(PEG) TERHADAP SIFAT MAGNETIK MAGHEMIT (γ -Fe₂O₃)
YANG DISINTESIS DARI
MAGNETIT BATUAN BESI (Fe₃O₄)**

Muhammad Ikhsan*, Dwi Puryanti, Arif Budiman
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang
Kampus Limau Manis, Pauh Padang 25163
**miksannnn@gmail.com*

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis magnetit dari biji besi Nagari Surian Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Solok Sumatera Barat dengan metode kopresipitasi. Selanjutnya dari magnetit tersebut disintesis maghemit tanpa dan dengan penambahan PEG melalui oksidasi pada temperatur 400 °C selama 3 jam. Variasi PEG yang digunakan yaitu sampel tanpa penambahan PEG, sampel dengan penambahan PEG-2000, PEG-4000, dan PEG-6000. Maghemit yang dihasilkan dikarakterisasi sifat magnetik menggunakan *Vibrating Sample magnetometer* (VSM). Karakterisasi sifat magnetik menggunakan VSM menghasilkan nilai koersivitas berturut-turut yaitu 250 Oe, 193 Oe, 203 Oe, 178 Oe. Terlihat bahwa penambahan PEG mengurangi nilai koersivitas maghemit.

Kata kunci: magnetit, maghemit, PEG, VSM, koersivitas

ABSTRACT

Synthesis of magnetite from Nagari Surian Sumatera Barat was performed using coprecipitation method. Then maghemite was synthesized from that magnetite using oxidation at temperature 400 °C in 3 hour with and without adding PEG. Variations of PEG used are PEG-2000, PEG-4000, and PEG-6000 respectively. Then the maghemite is characterized by its electrical properties and magnetic properties. Characterization of magnetic properties using Vibrating Sample magnetometer (VSM) show that coersivity are 250 Oe, 193 Oe, 203 Oe, 178 Oe respectively. From the result it is seen the addition of PEG reduce the value of coersivity.

Keywords : magnetite, maghemite, PEG, VSM, coercivity

1. PENDAHULUAN

Mineral magnetik termasuk mineral yang penting dalam aplikasi pada banyak industri dan keteknikan. Mineral-mineral tersebut diantaranya adalah magnetit (Fe₃O₄), hematit (α -Fe₂O₃), maghemit (γ -Fe₂O₃). Magnetit yang berwarna hitam banyak digunakan sebagai tinta kering (*toner*) pada mesin *photo-copy* dan printer laser (Yulianto, dkk., 2002). Mineral magnetik seperti hematit dan maghemit juga banyak digunakan dalam industri. Hematit yang berwarna merah sering digunakan sebagai zat warna. Maghemit banyak digunakan dalam bidang biomedis (Horak, dkk., 2004 dalam Yulianti, dkk., 2007), media

perekam magnetik (Peng, dkk., 2003 dalam Yulianto dan Aji., 2010) dan teknologi nanopartikel yaitu pada pengobatan sel kanker secara *hyperthermia* (Pankhurst, dkk., 2003 dalam Yulianti, dkk., 2007).

Mineral-mineral magnetik tersebut dapat merupakan bahan buatan atau bahan alami. Bahan buatan merupakan bahan yang disintesis terlebih dahulu melalui pencampuran beberapa bahan kimia dengan metoda tertentu sehingga dapat menghasilkan mineral dengan tingkat kemurnian, dan keseragaman bentuk dan ukuran partikel yang tinggi. Proses ini memerlukan waktu yang cukup lama dan memerlukan biaya yang cukup besar, sehingga menyebabkan harganya mahal. Sebaliknya, bahan magnetik alami sudah terbentuk secara alami dan dapat ditemukan pada batuan-batuan yang ada di permukaan bumi. Bahan alami ini dapat diperoleh dengan mudah dan biaya yang murah, tetapi tingkat kemurnian dan keseragaman bentuk dan ukuran partikel yang tidak terjamin.

Metoda-metoda yang dapat digunakan untuk mensintesis mineral magnetik antara lain, metoda sol-gel, metoda *solidstate*, dan metoda kopresipitasi. Metoda sol-gel memiliki kelemahan pada reaksi dari bentuk sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) ke gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol), karena banyak faktor yang harus diperhatikan saat proses hidrolisis dan kondensasi. Faktor-faktor tersebut antara lain pH, jumlah air yang digunakan, serta kondisi pengeringan (West, 1984). Metode *solidstate* memiliki kelemahan pada suhu pemanasan sangat tinggi dan sulit untuk mengatur homogenitas (West, 1984). Pada penelitian ini digunakan metode kopresipitasi. Metode ini mempunyai kelemahan yaitu kelarutan dari sampel yang ada harus sama agar sama-sama mengendap, tetapi ini tidak akan menjadi masalah karena bahan pada penelitian ini dipersiapkan dengan baik. Metode ini juga memiliki kelebihan yaitu suhu kalsinasi bisa lebih rendah dibandingkan dengan metode *solidstate*. (West, 1984). Untuk memperoleh bentuk dan ukuran partikel yang lebih seragam, biasanya ke dalam mineral magnetik yang akan disintesis ditambahkan *Polyethylene Glycol* (PEG). PEG termasuk ke dalam golongan polimer sintesis atau buatan.

Keberadaan maghemit di alam sangat kecil dibandingkan dengan magnetit. Penambahan oksigen (oksidasi) pada magnetik akan mengubah magnetit menjadi maghemit dan hematit bergantung pada temperatur yang digunakan (Yulianto, dkk., 2003). Oksidasi magnetit menjadi maghemit merupakan reaksi topotaktis yakni transformasi fasa tanpa disertai perubahan struktur kristal. Artinya magnetit dan maghemit memiliki struktur kristal yang sama (Cornell & Schwertmann, 2003).

Maghemit yang dihasilkan dari oksidasi magnetit ditandai dengan perubahan warna dari hitam menjadi coklat kemerahan (Yulianto, dkk., 2002). Beberapa penelitian sudah berhasil mensintesis magnetit menjadi maghemit. Nengsi (2016) telah berhasil mensintesis maghemit dari magnetit yang dioksidasi pada temperatur 400 °C dengan variasi waktu oksidasi 1,0 jam, 5,0 jam, 10 jam, dan 15 jam. Menurut Lepp (1998), perubahan magnetit menjadi maghemit dimulai pada suhu 200 °C dan mencapai puncaknya pada suhu 400 °C.

Penelitian ini ialah penelitian lanjutan Andani (2015) yang telah mengukur diameter maghemit tanpa penambahan PEG, dan penelitian Nursa (2016) yang mengukur diameter maghemit dengan penambahan PEG-2000, PEG-4000, dan PEG-6000 dengan perbandingan 1:1 menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pada penelitian kali ini sudah dilakukan sintesis maghemit dari magnetit yang ditambahkan dengan PEG-2000, PEG-4000, PEG-6000, dan satu sampel tanpa penambahan PEG yang dioksidasi pada temperatur 400 °C selama 3,0 jam. Mineral magnetik yang digunakan berasal dari batuan besi yang diperoleh dari Nagari Surian Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Solok Sumatera Barat. Mineral magnetit dari batuan besi tersebut diperoleh dengan menggunakan metoda kopresipitasi. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi sifat magnetik dan listrik dari maghemit yang dihasilkan. Karakterisasi sifat magnetik ditentukan dari hasil pengukuran menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Destruksi Bijih Besi

Sampel bijih besi yang diperoleh dari daerah Surian kabupaten Solok diolah menjadiserbuk besi dengan mesin *grinding* di daerah Lubuak Silasia Kabupaten Solok Sumatera Barat. Serbuk besi tersebut diayak dengan menggunakan ayakan yang berukuran 200 mesh. Selanjutnya magnet permanen digunakan untuk memisahkan mineral magnetik dengan mineral nonmagnetik.

2.2 Sintesis Magnetit (Fe_3O_4)

Sintesis magnetit (Fe_3O_4) dilakukan dengan cara mengambil 10 g sampel mineral magnetik yang telah dipisahkan lalu dicuci dengan aquades, lalu ditambahkan HCl (12 M) sebanyak 20 ml, dipanaskan pada suhu 90 °C dan diaduk selama 60 menit dengan *magnetic stirrer*. Hasil pengadukan di tuangkan ke dalam gelas yang di tutup dengan kertas saring, dan biarkan menetes sampai cairan habis. Setelah itu larutan tersebut ditambahkan dengan NH_4OH sebanyak 25 ml lalu diamkan selama 30 menit sehingga terjadi pengendapan. Cuci hasil pengendapan dengan aquades sampai bersih sebanyak 3 kali. Kemudian panaskan 10 gram PEG dengan suhu 80 °C hingga mencair, setelah itu gabungkan dengan sampel hasil pengendapan yang sudah dicuci. Aduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit.

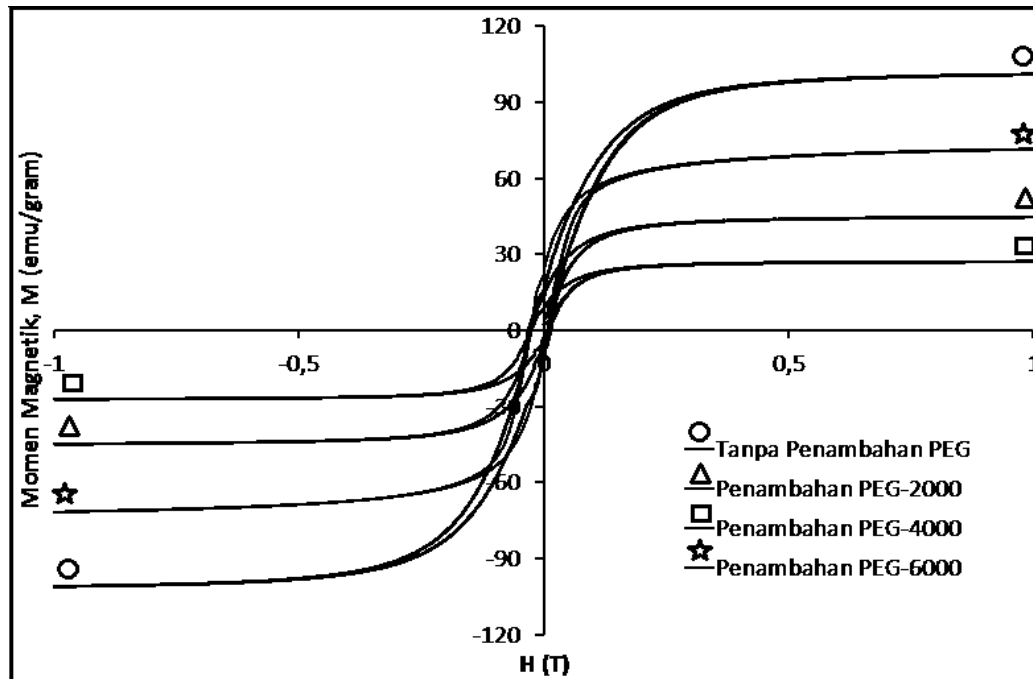
2.3 Sintesis Maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)

Magnetit (Fe_3O_4) yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam cawan dan masukan sampel ke dalam *furnace*, gunakan suhu 400 °C selama 3 jam untuk pengeringan. Setelah itu sampel yang sudah kering di keluarkan dari *furnace*, dan lakukan karakterisasi.

3. HASIL DAN DISKUSI

Besaran-besaran penting dalam menentukan sifat magnetik berdasarkan kurva histerisis adalah magnetisasi saturasi (M_S), medan koersivitas (H_C) dan magnetisasi remanen (M_R). Nilai magnetisasi saturasi (M_S) atau dikenal dengan magnetisasi jenuh menunjukkan kemampuan partikel untuk mempertahankan kesearahan domain-domain magnetiknya ketika masih dikenai medan magnet luar. Medan koersivitas (H_C) merupakan besarnya medan yang dibutuhkan untuk membuat magnetisasinya bernilai nol sedangkan magnetisasi remanen (M_R) menunjukkan magnetisasi yang tersisa ketika medan magnet luar (H) ditiadakan.

Perbandingan antara sifat-sifat magnetik maghemit tanpa penambahan PEG dan dengan variasi penambahan beberapa jenis PEG dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil perhitungan sifat magnetik maghemit tanpa penambahan PEG dan dengan variasi penambahan PEG dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) diperlihatkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa secara umum sifat-sifat magnetik maghemit akan berkurang seiring dengan penambahan PEG. Sampel tanpa penambahan PEG memiliki nilai medan koersivitas (H_C) yang lebih besar dari keseluruhan sampel dengan penambahan PEG. Hal ini dikarenakan pengaruh ukuran partikel sampel dengan penambahan PEG lebih kecil dibandingkan ukuran sampel tanpa penambahan PEG, karena PEG berfungsi sebagai templet sehingga mencegah penggumpalan partikel, sesuai dengan hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang telah dilakukan oleh Andani (2015). Nilai medan koersivitas yang lebih kecil setelah penambahan PEG diperlukan untuk aplikasi piranti media perekam magnetik.



Gambar 1. Perbandingan antara sifat-sifat magnetik maghemit tanpa penambahan PEG dan dengan variasi penambahan PEG

Tabel 1. Sifat Magnetik Maghemit Tanpa Penambahan PEG dan dengan Variasi Penambahan PEG

| No. | Sampel | M_S (emu/g) | M_R (emu/g) | H_C (Oe) |
|-----|--------------------------|---------------|---------------|------------|
| 1 | Maghemit tanpa PEG | 98,8 | 19,1 | 250 |
| 2 | Maghemit dengan PEG-2000 | 44,7 | 12,9 | 193 |
| 3 | Maghemit dengan PEG-4000 | 27,1 | 8,16 | 203 |
| 4 | Maghemit dengan PEG-6000 | 71,4 | 22,4 | 178 |

Tabel 2 Ukuran kristal sampel tanpa penambahan dan dengan penambahan PEG yang didapatkan oleh Andani (2015) dan Nursa (2016)

| No. | Sampel | Ukuran Partikel (nm) |
|-----|-------------------------------|----------------------|
| 1. | Maghemit tanpa penambahan PEG | 217,00 |
| 2. | Maghemit dengan PEG 2000 | 67,75 |
| 3. | Maghemit dengan PEG 4000 | 86,50 |
| 4. | Maghemit dengan PEG 6000 | 60,75 |

Pada tabel 1 di atas juga terlihat sampel maghemit yang ditambahkan PEG-2000 memiliki medan koersivitas (H_C) yang lebih kecil dibandingkan sampel maghemit yang ditambahkan PEG-4000, tetapi lebih besar dibandingkan sampel maghemit yang ditambahkan PEG-6000. Hasil ini berbanding lurus dengan diameter partikel dari hasil uji menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang telah dilakukan Nursa (2016) yang dapat dilihat pada Tabel 2. Hal ini juga sesuai dengan hasil yang dikemukakan Pauzan, dkk. (2013) bahwa nilai medan koersivitas (H_C) berbanding lurus dengan diameter partikel magnetit (Fe_3O_4), ini juga akan berlaku pada maghemit ($\gamma-Fe_2O_3$) karena sama-sama memiliki sifat ferimagnetik.

Ukuran partikel yang semakin kecil akan mengakibatkan terjadi penurunan energi *barrier* (energi anisotropi) pada partikel tersebut. Oleh karena itu, medan koersivitas (H_C) yang dimiliki akan semakin kecil, karena energi *barrier* semakin berkurang sehingga medan yang diperlukan semakin kecil untuk membuat magnetisasinya nol (Pauzan, dkk., 2013).

Nilai Magnetisasi saturasi (M_S) dan magnetisasi remanen (M_R) dipengaruhi oleh kehadiran fasa pengotor hematit ($\alpha-Fe_2O_3$) yang merupakan partikel anti-ferromagnetik. Kehadiran fasa hematit ($\alpha-Fe_2O_3$) merupakan hal yang wajar terjadi karena pada prinsipnya partikel magnetit (Fe_3O_4) akan cepat mengalami oksidasi (Pauzan, dkk., 2013).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan melihat pengaruh penambahan *polyethylene glycol* (PEG) terhadap sifat magnetik maghemit ($\gamma-Fe_2O_3$) yang disintesis dari magnetit batuan besi (Fe_3O_4), maka didapat kesimpulan sebagai berikut: Secara umum sifat-sifat magnetik maghemit akan

berkurang seiring dengan penambahan PEG, dimana kenaikan nilai medan koersivitas (H_C) berbanding lurus dengan diameter partikel. Dari sifat-sifat magnetik yang dihasilkan seperti magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen dan medan koersivitas maka bahan diklasifikasikan sebagai magnet lunak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andani, D., 2015, Pengaruh PEG-2000 Terhadap Ukuran Partikel Fe_3O_4 yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi, *Skripsi* Fakultas MIPA Universitas Andalas, Padang.
2. Cornell, R.M & Schwertmann, U., 2003, *The iron oxides*. Weinheim : Willey-VCH Verlag GmbH & co.KgaA.
3. Lepp, H., 1998, Stages In The Oxidation Of Magnetite. *The American mineralogist*. Vol.42
4. Nengsi, S.W., 2016, Karakterisasi Struktur Kristal Dan Sifat Magnetik Maghemit (γ - Fe_2O_3) Yang Dioksidasi dari Magnetit (Fe_3O_4) dari Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat dengan Variasi Waktu Oksidasi, *Skripsi* Fakultas MIPA Universitas Andalas, Padang.
5. Nursa, I., 2016, Pengaruh Poli Etilen Glikol terhadap Ukuran Partikel Magnetit (Fe_3O_4) yang Disintesis dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi, *Skripsi* Fakultas MIPA Universitas Andalas, Padang.
6. Pauzan, M., Kato, T., Iwata, S., Suharyadi, E., 2013, Pengaruh Ukuran Butir dan Struktur Kristal terhadap Sifat Kemagnetan pada Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4), *Prosiding*, Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY.
7. West, A.R., 1984, *Solid State Chemistry and Its Application*, John Wiley & Sons chichester, New York.
8. Yulianti, E., Sudaryanto., Yulizar, Y., 2007, Pengaruh Formulasi Emulsi Terhadap Hasil Enkapsulasi Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 dengan Poly (Lactic Acid). *Jurnal sains materi indonesia*.
9. Yulianto, A., Bijaksana, S. & Loeksmanto, W. 2002. Karakteristik Magnetik Dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal fisika, Himpunan Fisika Indonesia, Suplemen prosiding*, Hal A5-05 27.
10. Yulianto, A., Bijaksana S., Loeksmanto, W., Kurnia, D., 2003, Produksi Hematit (α - Fe_2O_3) dari Pasir Besi : Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan, *Jurnal Fisika*, Univesitas Negeri Malang.
11. Yulianto, A. dan Aji, M.P., 2010, Fabrikasi MnZn-Ferit dari bahan pasir besi serta aplikasinya untuk core induktor. *Pusat penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, LIPI bandung*. Hal 128-133.