

PENENTUAN SIFAT KRISTALINITAS DAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK OKSIDA BESI DI-DOPING MANGAN

Wilki Zone Turnip*, Erwin
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: wilki.zone3562@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Research has been carried out on the crystallinity and magnetic susceptibility iron oxide of natural sand from Sungai Suci beach at Pondok Kelapa District, Central Bengkulu Regency. Beach sand processed using a Neodymium Iron Boron (NdFeB) magnet, the result is called an NdFeB product. The NdFeB product was crushed using ball milling for 120 hours using 26 milling balls with a diameter of 1.5 cm, the result is called BM 1 product. BM 1 product is divided into 5 parts, then the five parts are ball milled using Manganese doping with a concentration of 0 wt. %, 5 wt.%, 10 wt.%, 15.wt%, and 20 wt.% for 20 hours as many as 26 pieces with a diameter of 1.5 cm, the result is called product BM 2 (BM 2A, BM 2B, BM 2C, BM 2D, and BM 2E). The magnetic induction of the solenoid (B_0) and the total magnetic induction of the solenoid (B_T) were measured using the Pasco Magnetic Probe PS-2162. The calculation of the magnetic susceptibility value was carried out based on the values of B_0 and B_T . The results showed that the susceptibility value increased with 120 hours of ball milling time and increased after 20 hours of doping Manganese. The crystal size and magnetic particle size distribution of the BM 2 product were determined using X-Ray Diffraction (XRD) and Particle Size Analyzer (PSA). The results of XRD analysis of BM 2 products contain two magnetic phases, namely magnetite (Fe_3O_4) which has a cubic structure and hematite ($\alpha-Fe_2O_3$) has a monoclinic structure. The results of PSA analysis of BM 2 products for Manganese concentration of 0 wt.% occurred agglomeration between magnetic particles and iron oxide, while Manganese concentrations of 10 wt.% and 20 wt.% decreased agglomeration, causing the particle size value to decrease or shrink.

Keywords: Beach Sand, Ball Milling, Magnetic Nanoparticles, Magnetic Susceptibility.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sifat kristalinitas dan suseptibilitas magnetik oksida besi pasir alam pantai Sungai Suci di Kecamatan Pondok Kelapa, Kabupaten Bengkulu Tengah. Pasir pantai diproses menggunakan magnet Neodymium Iron Boron (NdFeB), hasilnya disebut produk NdFeB. Produk NdFeB dihancurkan menggunakan ball milling selama 120 jam menggunakan bola milling sebanyak 26 buah dengan diameter 1,5 cm, hasilnya disebut produk BM 1. Produk BM 1 dibagi menjadi 5 bagian selanjutnya kelima bagian tersebut di ball milling menggunakan doping Mangan dengan konsentrasi 0 wt.%, 5 wt.%, 10 wt.%, 15.wt%, dan 20 wt.% selama 20 jam sebanyak 26 buah dengan diameter 1,5 cm, hasilnya disebut produk BM 2 (BM 2 A, BM 2 B, BM 2 C, BM 2 D, dan BM 2 E). Induksi magnetik solenoid (B_0) dan induksi magnetik total solenoid (B_T) diukur menggunakan Pasco magnetik Probe PS-216. Perhitungan nilai suseptibilitas magnetik dilakukan berdasarkan nilai dari B_0 dan B_T . Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas mengalami peningkatan dengan waktu ball milling 120 jam dan mengalami peningkatan setelah dilakukan proses doping Mangan selama 20 jam. Ukuran kristal dan distribusi ukuran partikel magnetik produk BM 2 ditentukan menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD) dan Particle Size Analyzer (PSA). Hasil analisis XRD produk BM 2 mengandung dua fasa magnetik yaitu magnetite (Fe_3O_4) memiliki struktur kubik dan hematite ($\alpha-Fe_2O_3$) memiliki struktur monoklinik. Hasil analisis PSA produk BM 2 untuk konsentrasi Mangan 0 wt.% terjadinya aglomerasi antar partikel magnetik dengan oksida besi, sedangkan konsentrasi Mangan 10 wt.% dan 20 wt.% terjadinya pengurangan aglomerasi sehingga menyebabkan nilai ukuran partikel menurun atau mengecil.

Kata kunci: Pasir Pantai, Ball Milling, Nanopartikel Magnetik, Suseptibilitas Magnetik.

PENDAHULUAN

Cahaya matahari merupakan potensi sumber energi terbesar yang ada di alam yang dapat dijadikan sebagai energi alternatif. Sel surya adalah suatu komponen yang dapat merubah cahaya matahari menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaik. Kelebihan sel surya ini dapat menggantikan bahan bakar fosil sehingga tidak menimbulkan dampak negatif seperti pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Oksida besi dalam pasir besi atau pasir alam mengandung mineral magnetik seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [1].

Mineral-mineral magnetik ini ketika ukurannya mencapai ukuran nanometer maka mineral ini mempunyai sifat superparamagnetik dan memiliki banyak aplikasi. Sebagai contoh, magnetit dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk tinta kering (*toner*) pada mesin photo-copy dan printer laser [2]. Selain itu nanopartikel oksida besi ini digunakan sebagai katalis [3] dan aplikasi biomedik [4].

Banyak metode yang telah diperkenalkan untuk preparasi nanopartikel $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ diantaranya adalah sol gel, hidrotermal, hidrolisis, microwave, mikro emulsi dan penggilingan menggunakan *ball milling* [5].

Namun dari banyak metode ini, maka metode *ball milling* adalah metode yang sederhana dan efektif untuk menghancurkan butiran-butiran padat menjadi ukuran kecil dalam orde nanometer menggunakan bola-bola besi yang saling bertumbukan antara satu dengan yang lain dalam tabung milling [6].

Hasil sintesis nanopartikel magnetik yaitu produk BM 2 (BM 2A, BM 2C, BM 2D, dan BM 2E) diuji nilai induksi magnetiknya menggunakan sensor Probe Pasco PS-2162 dihubungkan ke laptop yang bertujuan untuk menentukan nilai suseptibilitas magnetiknya. Distribusi ukuran nanopartikel magnetik dari produk *ball milling* menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) pada diameter 50% populasi data.

TINJAUAN PUSTAKA

Suseptibilitas magnetik yaitu salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Nilai suseptibilitas magnetik dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut [7].

$$X_m = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (1)$$

Pencarian ukuran partikel dapat dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Data yang didapatkan berupa grafik histogram plot antara nilai kumulatif Vs ukuran diameter partikel.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan secara eksperimen dengan metode *ball milling* untuk menghasilkan nanopartikel magnetik.

Pemisahan Sampel

Pemisahan sampel pasir alam dilakukan menggunakan magnet kuat *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Kemagnetan Jurusan Fisika. Hasil dari pemisahan sampel pasir alam ini disebut dengan produk NdFeB.

Ball Milling

Produk NdFeB kemudian di *ball milling* selama 120 jam menggunakan bola besi sebanyak 26 buah dengan diameter 1,5 cm. Produk ini dinamakan produk BM 1. Produk BM 1 dibagi menjadi 5 bagian yaitu BM 1A, BM 1B, BM 1C, BM 1D, dan BM 1E. Produk BM 1 kemudian di doping dengan Mangan yang konsentrasi (wt.%) yaitu 0 wt.%, 5 wt.%, 10 wt.%, 15 wt.%, dan 20 wt.% menggunakan mesin *ball milling* selama 20 jam dengan diameter bola 1,5 cm sebanyak 26 buah. Produk ini dinamakan dengan produk BM 2 (BM 2A,

BM 2B, BM 2C, BM 2D, dan BM 2E).

Penentuan Suseptibilitas Magnetik

Produk BM 2 (BM 2A, BM 2B, BM 2C, BM 2D, dan BM 2E) hasil doping Mangan diukur nilai induksi magnetik tanpa inti (B_0) dan dengan inti (B_T) menggunakan sensor Probe Pasco PS-2162 dan solenoid 2500 lilitan yang dihubungkan ke laptop. Arus listrik yang diberikan adalah 200 mA, 400 mA, 600 mA, 800 mA, dan 1000 mA. Penentuan nilai suseptibilitas magnetik menggunakan persamaan (1), dengan arus konstan sebesar 1000 mA.

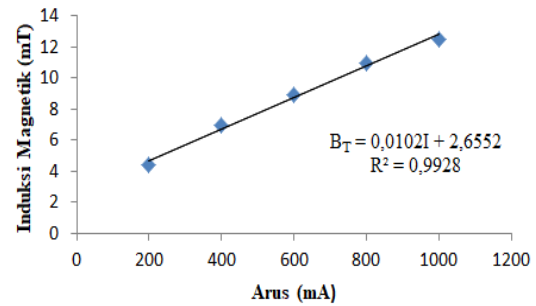
Uji Ukuran Partikel

Untuk mengetahui distribusi ukuran nanopartikel magnetik produk BM 2 yaitu dengan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) yang dilakukan di LIPI Serpong. Data yang didapatkan berupa parameter grafik histogram dan persentase populasi data diameter ukuran partikel.

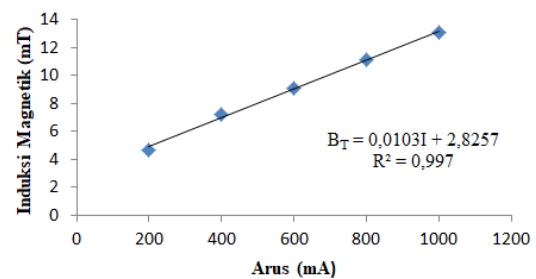
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Suseptibilitas Magnetik

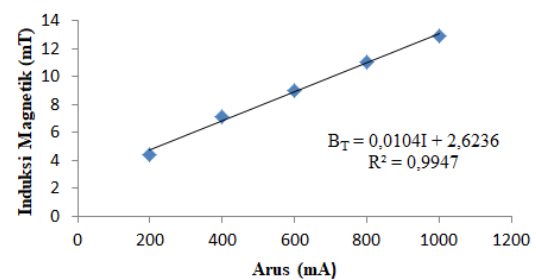
Hasil pengukuran induksi magnetik yang diukur pada solenoid tanpa inti (B_0) dan dengan inti (B_T). Nilai induksi magnetik tanpa inti dengan arus konstan 1000 mA adalah 11,113 mT. Pada produk BM 2 (BM 2A, BM 2B, BM 2C, BM 2D, dan BM 2E) diukur nilai induksi magnetiknya dengan arus 200 mA, 400 mA, 600 mA, 800 mA, dan 1000 mA terlihat pada Gambar 1 sampai 5. Nilai induksi magnetik pada produk BM 2 dengan arus konstan 1000 mA masing-masing yaitu 12,527 mT; 12,902 mT; 13,051 mT; 13,169 mT; dan 13,274 mT. Hasil perhitungan nilai suseptibilitas magnetik melalui Persamaan (1) pada produk BM 2 masing-masing yaitu $12723,84 \times 10^{-5}$, $16098,26 \times 10^{-5}$, $17439,03 \times 10^{-5}$, $18500,85 \times 10^{-5}$, dan $19445,69 \times 10^{-5}$.



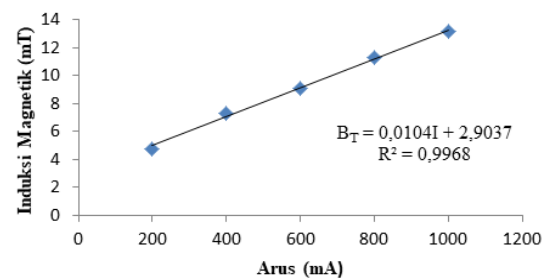
Gambar 1. Grafik antara induksi magnetik solenoid dengan inti produk BM 2A.



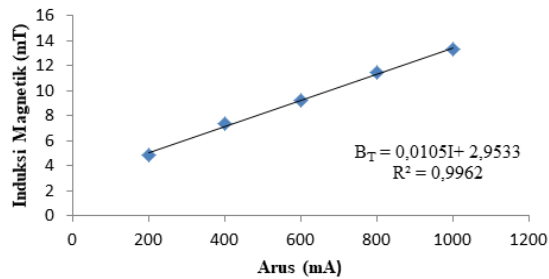
Gambar 2. Grafik antara induksi magnetik solenoid dengan inti produk BM 2B.



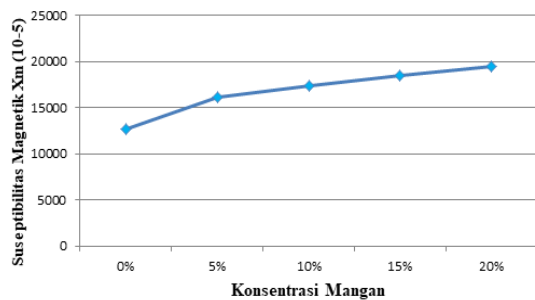
Gambar 3. Grafik antara induksi magnetik solenoid dengan inti produk BM 2C.



Gambar 4. Grafik antara induksi magnetik solenoid dengan inti produk BM 2D.



Gambar 5. Grafik antara induksi magnetik solenoid dengan inti produk BM 2E.



Gambar 6. Grafik nilai suseptibilitas magnetik produk BM2.

Nilai suseptibilitas pada produk BM 2 sesuai dengan rentang $(220-380000) \times 10^{-5}$ yang merupakan interval dari nilai oksida besi [8]. Nilai suseptibilitas magnetik hasil doping Mangan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi Mangan yang diberikan. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik ini terjadi akibat adanya superposisi antara partikel magnetik Fe dan Mn. Pengaruh Mangan yang dicampurkan pada sampel Fe_3O_4 mengakibatkan nilai suseptibilitasnya meningkat, ini terjadi karena Mangan merupakan bahan paramagnetik yang memiliki momen magnetik yang cukup besar.

Data Hasil Pengukuran *Particle Size Analyzer* (PSA)

Distribusi ukuran partikel pada produk BM 2 dengan konsentrasi doping Mangan yaitu 0 wt.%, 10 wt.%, dan 20 wt.% dikarakterisasi menggunakan PSA dengan tipe CILAS 1190 *Liquid* di LIPI Serpong. Hasil pengukuran produk BM 2 didapatkan berdasarkan dari diameter 50% populasi data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran PSA untuk produk BM 2 pada diameter 50%.

No	Produk BM 2	Ukuran Partikel (μm)
1.	BM 2A/Mn 0%	7,18
2.	BM 2C/Mn 10%	7,83
3.	BM 2E/Mn 20%	5,86

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran PSA untuk produk BM 2 dengan doping Mangan konsentrasi (wt.%) yaitu 0 wt.%, 10 wt.%, dan 20 wt.%. Dari tabel diketahui bahwa semakin besar konsentrasi doping yang diberikan maka ukuran diameter partikel akan semakin kecil. Untuk konsentrasi Mangan 0 wt.% diperoleh ukuran rata-rata partikel oksida besi adalah 7,18 μm . Besarnya nilai ukuran rata-rata ini disebabkan adanya aglomerasi antar partikel magnetik oksida besi. Namun produk BM 2 dengan doping Mangan 10 wt.% dan 20 wt.% terjadi pengurangan aglomerasi sehingga menyebabkan nilai dari ukuran partikel menurun atau mengecil karena terjadi segregasi antar partikel magnetik. Segregasi ini timbul karena Mangan adalah bahan paramagnetik yang memiliki nilai magnetisasi lebih rendah dari oksida besi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan yaitu bahwa suseptibilitas magnetik produk BM 2 (BM 2A, BM 2B, BM 2C, BM 2D, dan BM 2E) berada dalam interval oksida besi. Suseptibilitas magnetik pada produk BM 2 meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi Mangan yang diberikan. Nilai suseptibilitas pada produk BM 2 masing-masing yaitu $12723,84 \times 10^{-5}$, $16098,26 \times 10^{-5}$, $17439,03 \times 10^{-5}$, $18500,85 \times 10^{-5}$, dan $19445,69 \times 10^{-5}$. Distribusi ukuran partikel mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi doping Mangan yang diberikan. Ukuran partikel produk BM 2 masing-masing yaitu 7,18 μm , 7,83 μm , dan 5,86 μm pada diameter 50%.

REFERENSI

1. Teja, A.S. & Koh, P.-Y. (2009). Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55, pp. 25–45.
2. Yulianto A., Bijaksana., Loeksmanto W., 2003, *Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations in Central Java*, *Kontribusi Fisika Indonesia*, Vol. 14 No. 2.
3. S. C. Tsang, V. Caps, I. Paraskevas, D. Chadwick and D. Thompsett, *Angew. Chem.*, 2004, 116, 5763–5767.
4. Colombo, M.; Carregal-Romero, S.; Casula, M.F.; Gutierrez, L.; Morales, M.P.; Bohm, I.B.; Heverhagen, J.T.; Prospero, D.; Parak, W.J. Biological applications of magnetic nanoparticles. *Chem. Soc. Rev.* 2012, 41, 4306–4334.
5. Wang, L. L. and Jiang, J. S. 2007. Preparation of α -Fe₂O₃ Nanoparticles by High-Energy Ball Milling. *Science Direct*.390 : 23-27.
6. Erwin, S. Salomo, P. Adhy, N. Utari , W. Ayu, Y. Wita and S. Nani, 2020. Magnetic iron oxide particles (Fe₃O₄) fabricated by ball milling for improving the environmental quality. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 845 012051doi:10.1088/1757-899X/845/1/012051
7. Jiles, D. 1998. *Introduction To Magnetism and Magnetic Materials*, 2ndEd. London and New York: Chapman and Hall.
8. Hunt, C. P., Moskowitz, and B. M., Banerjee, S. K. 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. Washington : American Geophysical Union.