



Sifat *Magnetic Elastomer* Nanokomposit Fe_3O_4 Dengan *Binder Silicone Rubber*

Pintor Simamora dan Peter Tri Abadi Sihite *

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Diterima April 2016; Disetujui Mei 2016; Dipublikasikan Juni 2016

Abstrak

Pembuatan nanokomposit Fe_3O_4 dengan binder *Silicon Rubber* telah berhasil dilakukan dengan metode kopresipitasi dengan bahan dasar berupa pasir besi alam. Karakterisasi atau pengujian sifat menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dan Uji Tarik (*Tensile Strength*). Hasil karakterisasi dengan menggunakan *XRD* diperoleh bahwa sampel pasir besi yang telah dimilling selama 15 jam, pasir besi yang telah disintesis (Fe_3O_4) dan pasir besi yang telah disintesis dan dicoating dengan *PEG-6000* memiliki struktur kristal *cubic spinel magnetite* (Fe_3O_4) dengan parameter kisi 8.419\AA . Dari hasil uji tarik diperoleh nilai modulus young yang optimum pada sampel Fe_3O_4 + *Silicone Rubber* dengan nilai 0.75 MPa. Hasil pengujian sifat kemagnetan menggunakan *VSM* pada bahan yang telah dicampur dengan binder *silicone rubber* diperoleh nilai yang optimum dengan magnetisasi remanensi sebesar 2.54 emu/g, magnetisasi saturasi sebesar 22.05 emu/g dan medan koersivitas sebesar 80.66 Oe. Material ini dapat digunakan sebagai *Radar Absorption Material (RAM)*.

Kata kunci : *Kopresipitasi, Magnetit (Fe_3O_4), Silicone Rubber*

How to Cite: Pintor Simamora dan Peter Tri Abadi Sihite, (2016), Sifat *Magnetic Elastomer* Nanokomposit Fe_3O_4 Dengan *Binder Silicone Rubber*, *Jurnal Einstein Prodi Fisika FMIPA Unimed*, 4 (2) : 47-52.

*Corresponding author:

E-mail : pintor_fisika@yahoo.co.id

p-ISSN : 12338 – 1981

e-ISSN : 2407 – 747x

PENDAHULUAN

Pasir besi merupakan bahan tambang yang sangat melimpah dengan kandungan utama berupa Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 . Pemanfaatan dari pasir besi meliputi *biosensor*, *localizer* dalam terapi *hyperthermia*, dan *magnetic targeted-drug delivery system* (Y.Wei, 2011). Salah satu kelebihan lainnya dari pasir besi adalah mampu membentuk sifat superparamagnetik melalui sifat mekanisme kemagnetan. Sifat superparamagnetik ini muncul pada material apabila memiliki orde satu domain magnetik dengan ukuran yang seragam (Wu, 2010). Oleh karena itu kunci dalam mensintesis nanopartikel, yaitu bagaimana mendapatkan ukuran partikel yang seragam (A.Yan, 2008). Bahan yang dapat dipakai untuk membentuk dan mengontrol ukuran partikel adalah *Polyethylene glycol* (PEG). Dalam hal ini PEG melapisi Fe_3O_4 untuk menghindari terjadinya aglomerasi. Untuk pembuatan magnet komposit berskala nano digunakan matriks *silicon rubber RTV 683*. Pada penelitian ini, analisa yang dilakukan: *X-Ray Diffraction (XRD)*, uji tarik, dan sifat kemagnetan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*.

METODOLOGI PENELITIAN

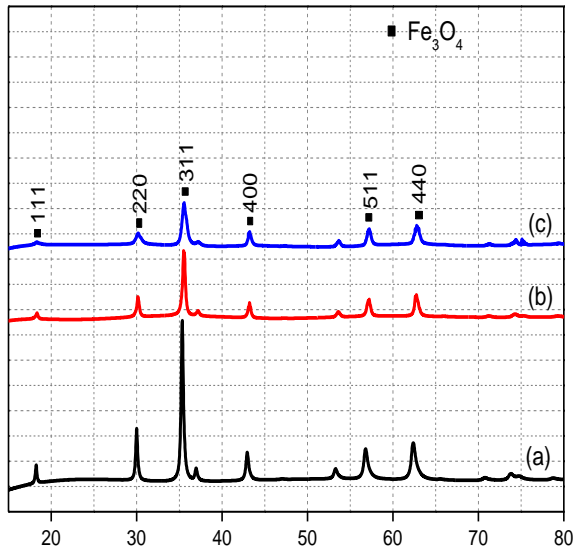
Pasir besi diperoleh dari sungai Bingei – Langkat, Sumatra Utara diseleksi menggunakan magnet permanen dan dimilling dengan *Planetary Ball Mill (PBM)* selama 15 jam, dan perbandingan bola dengan pasir besi adalah 5:1. Serbuk hasil milling diayak hingga lolos 200 mesh (76 μm), ditimbang sesuai komposisinya dengan neraca digita, dicampur dengan 37 mol % HCl dan dituangkan dalam beker gelas sebanyak 100 ml. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu $70^\circ C$ selama 90 menit. PEG-6000 dipanaskan pada suhu $55^\circ C$ selama 30 menit, kemudian dimasukkan ke dalam larutan Fe_3O_4 dengan perbandingan 3:1 (volum). Campuran

larutan Fe_3O_4 dan PEG-6000, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu $70^\circ C$ selama 45 menit. Selanjutnya disaring dengan *filter paper* 40, (diameter 110 mm) Whatman, dicampur 25 mol % NH_3 sebanyak 50 ml, diaduk dan dipanaskan pada suhu $70^\circ C$ selama 90 menit. Endapan berupa serbuk dicuci secara berulang menggunakan aquades hingga mencapai pH 7. Hasil endapan berupa serbuk magnetit (Fe_3O_4) berwarna hitam pekat, dikeringkan di dalam oven pada suhu $70^\circ C$ selama 24 jam. Pembuatan magnet komposit terdiri dari serbuk pasir besi hasil milling (15 jam), Fe_3O_4 (sintesis) dan Fe_3O_4 coating PEG, dimana ketiga sampel tersebut ditambahkan dengan binder *silicon rubber RTV 683* dengan perbandingan 4:1 (volume). Bentuk sampel yang dibuat berupa pelet dan bentuk sampel uji tarik sesuai dengan ASTM D 412-06.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *X-Ray Diffraction (XRD)*

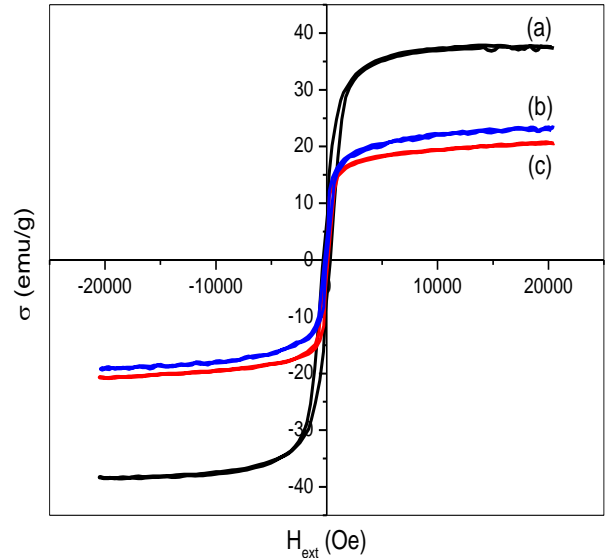
Hasil pengukuran dengan XRD digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristalit dari sampel. Dari sampel berupa serbuk pasir besi milling, sintesis dan coating PEG-6000, menunjukkan adanya fasa tunggal magnetite (Fe_3O_4), dengan struktur kristal *cubic spinel*, parameter kisi $a = b = c = 8,419 \text{ \AA}$, Dari gambar 1, pada masing-masing bahan terlihat puncak-puncak bidang hkl : (111), (220), (311), (400), (511), dan (440). Salah satu ciri dari fasa Fe_3O_4 adalah memiliki intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 35.34$ dengan indeks miller (311). Pada pengujian XRD fasa PEG tidak muncul atau tidak terjadi reaksi dan hanya berfungsi sebagai *template*. Lebar atau tingginya suatu intensitas pada hasil uji XRD juga menentukan ukuran sebuah kristal. Semakin tinggi dan menyempitnya sebuah puncak, maka dapat dikatakan ukuran kristalitnya besar begitu juga sebaliknya.



Gambar 1. Analisis *XRD* pada pasir besi milling (15 jam), Fe_3O_4 (sintesis) dan Fe_3O_4 (sintesis) + PEG-6000.

Analisis *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* Pada *Filler Nanokomposit*

Pengujian sifat kemagnetan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dilakukan untuk mengetahui sifat intrinsik suatu bahan, sifat ini didasarkan pada sifat saturasi (tingkat kejenuhan) remanensi (sifat kemagnetan yang dimiliki oleh bahan ketika medan magnet luar dihilangkan) dan koersivitas magnet.



Gambar 2. Kurva Histeresis Pada *Filler Nanokomposit*

Dari kurva histeresis tersebut dapat diketahui nilai magnetisasi remanence (M_r), magnetisasi saturasi (M_s), koersivitas (H_{cJ}) dari masing-masing sampel yang digunakan sebagai bahan pengisi pada *magnetic elastomer*.

Tabel 1. Nilai Magnetisasi Pada *Filler Nanokomposit*

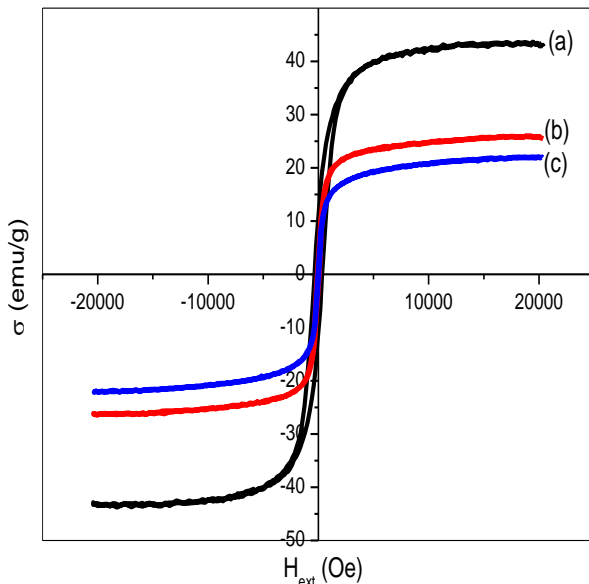
Bahan	M_r (emu/g)	M_s (emu/g)	H_{cJ} (Oe)
Pasir Besi Milling	7.34	37.84	319.83
Fe_3O_4	3.43	20.78	125.48
Fe_3O_4 + PEG-6000	2.73	21.73	103.31

Pasir besi hasil milling dengan PBM selama 15 jam, menghasilkan koersivitas (H_{cJ}) sebesar 319.83 Oe, dan termasuk katagori semi-hard magnet. Sedangkan untuk bahan Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 + PEG-6000 memiliki nilai medan koersivitas < 126 Oe dan termasuk kategori *superparamagnetic* (Coey, 2009). Pada pengujian sifat kemagnetan terjadi kenaikan nilai pada magnetisasi saturasi pada sampel Fe_3O_4 dan Fe_3O_4 + *Silicone Rubber*. Hal ini diakibatkan oleh sifat dari PEG yang berupa polimer yang melapisi partikel sehingga dibutuhkan kuat medan magnet luar yang lebih besar hingga bahan mencapai titik jenuhnya. Terjadinya penurunan nilai

kemagnetan pada medan koersivitas juga dipengaruhi oleh ukuran suatu partikel. Semakin kecil suatu ukuran partikel, maka bahan tersebut akan mudah menangkap dan melepas sifat kemagnetannya ketika dikenai medan magnet dari luar begitu juga sebaliknya.

Analisis *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* Pada *Magnetic Elastomer*

Pengujian sifat kemagnetan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dilakukan pada bahan yang telah terkomposit dengan *silicone rubber* yang bertindak sebagai *binder*. Hasil analisa menunjukkan penurunan medan koersivitas.



Gambar 3. Kurva Histerisis *Magnetic Elastomer*

Dari kurva histerisis tersebut dapat diketahui nilai magnetisasi *remanence* (M_r), *magnetisasi saturasi* (M_s), *coercivity* (H_{c_j}) dari masing-masing sampel yang telah terkomposit dengan *binder silicone rubber*.

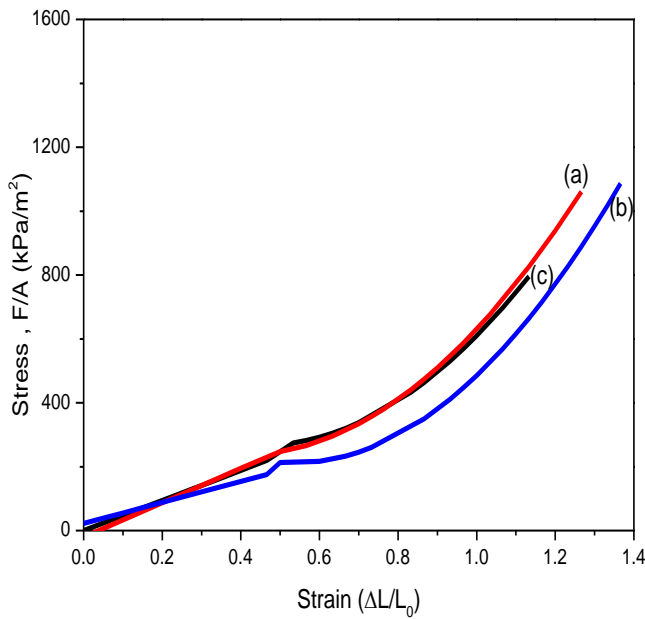
Tabel 2. Nilai Magnetisasi Pada *Magnetic Elastomer*

Bahan (Dengan 80 % <i>Filler</i> Dan 20 % <i>Matriks Silicon Rubber</i>)	M_r (emu/g)	M_s (emu/g)	H_{c_j} (Oe)
Pasir Besi Milling	10.60	43.59	346.75
Fe_3O_4	4.32	26.02	132.22
$Fe_3O_4 + PEG-6000$	2.54	22.05	80.66

Pasir besi hasil milling dengan PBM selama 15 jam, menghasilkan koersivitas (H_{c_j}) sebesar 346.75 Oe, dan termasuk katagori semi-hard magnet. Sedangkan untuk bahan Fe_3O_4 dan $Fe_3O_4 + PEG-6000$ memiliki nilai medan koersivitas < 126 Oe dan termasuk kategori *superparamagnetic* (Coey, 2009). Korelasi ukuran partikel berbanding lurus dengan nilai koersivitas, artinya semakin kecil partikel maka koersivitas akan semakin kecil pula, terutama untuk ukuran partikel < 40 nm. Dengan kata lain semakin kecil ukuran nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) maka terjadi penurunan energi *barier* (energi anisotropi) pada material tersebut. Oleh karena itu, dengan medan koersivitas (H_{c_j}) kecil, menyebabkan energi *barier* juga kecil, dan dibutuhkan magnetisasi yang sama dengan nol.

Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Hasil uji tarik (*tensile strength*) pada magnet elastomer nanokomposit berupa grafik yang menghubungkan antara tegangan dan regangan.



Gambar 4. Hasil Uji Tarik Pada Sampel *Magnetic Elastomer* Nanokomposit

Pengujian menggunakan *ASTM D 412* dengan *binder silicon rubber RTV 683*. Jenis polimer ini memiliki banyak kelebihan diantaranya tahan terhadap suhu, dan cuaca, selain itu polimer epoksi juga bersifat *isolator* dan juga pemrosesannya mudah (Bray, 2013). Dalam hal ini *silicon rubber* berfungsi sebagai binder/matriks pada pembuatan magnet nanokomposit. Jenis *filler* yang digunakan adalah pasir besi hasil *milling*, pasir besi yang disintesis dan sintesis dengan penambahan *PEG-6000*. Berikut adalah grafik hubungan antara tegangan dengan regangan sebagai akibat dari penambahan *filler* yang divariasikan.

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Nanokomposit *Magnetic Elastomer*

Bahan (Dengan 80 % Filler Dan 20 % Matriks Silicon Rubber)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(MPa)
Pasir Besi Milling	0.79	113	0.70
Fe ₃ O ₄	0.94	125	0.75
Fe ₃ O ₄ + PEG-6000	0.95	129	0.73

Dari hasil uji tarik dengan penambahan 20 % *silicon rubber* dan 80 % bahan pengisi berupa pasir besi milling , Fe₃O₄ dan Fe₃O₄ + *PEG-6000*

diperoleh modulus young pada masing-masing bahan sebesar 0.70, 0.75 dan 0.73 MPa. Nilai kenaikan modulus young pada setiap sampel berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran partikel pada masing-masing bahan. Semakin kecil ukuran partikel, maka partikel tersebut semakin kuat untuk diikat dan mengisi rongga-rongga pada saat pencetakan dengan *silicone rubber*.

KESIMPULAN

Hasil analisa *XRD* menunjukkan pasir besi milling, Fe₃O₄ dan Fe₃O₄ + PEG-6000 memiliki fase tunggal magnetit (Fe₃O₄) dengan struktur kristal berupa *cubic spinel* dan parameter kisi 8,419 Å. Pada komposisi 80 % Fe₃O₄ + 20 % *silicon rubber* menghasilkan nilai modulus young yang tertinggi sebesar 0,75 MPa. Kondisi optimum bahan magnetit Fe₃O₄ + *PEG-6000* dengan penambahan *silicon rubber* memiliki medan koersivitas sebesar 80.66 Oe dan termasuk dalam kategori bahan yang bersifat *superparamagnetic* dan aplikasinya dapat digunakan sebagai *Radar Absorption Material*.

SARAN

Perlu dilakukan penambahan *silicon rubber* pada komposisi 30, 40, 50 dan 60 % berat pada magnet nanokomposit dan juga memvariasikan jenis *PEG*, material polimer lainnya dan variasi komposisinya.

DAFTAR PUSTAKA

A. Yan, X. Liu, G. Qiu, H. Wu, R. Yi, N. Zhang, J. Xu, Solvothermal synthesis and characterization of sizecontrolled Fe₃O₄ nanoparticles, *Journal Alloys and Compound*, vol. 458 , 2008, pp. 487 – 491.
 Bray, D.J., Dittanet, P., Guild, F.J., Kinloch, A.J., Masania, K., Pearson, R.A., Taylor, A.C., The Modeling of The Toughening of Epoxy Polymers via Silica Nanoparticles: The Effects of

Volume Fraction and Particle Size,
Elsevier Ltd Polymer, Vol.54, hal
7022-7032, 2013.

J.M.D Coey, *Magnetism and Magnetic
Materials*, United States of
America, Cambridge University
Press,2009.

Wu, A., Ou, P. dan Zeng, L., 2010,
Biomedical Applications of
Magnetic Nanoparticles, *NANO:
Breif Reports and Reviews*, 5, 245-
270.

Y. Wei, B. Han, X. Hu, Y. Lin, X. Wang,
X. Deng, Synthesis of Fe₃O₄
nanoparticles and their magnetic
properties, *Procedia Engineering*,
vol. 27, 2011, pp. 632-637.

