

## Aplikasi *low density polyethylene* (LDPE) pada pembuatan magnet *ferrite* komposit

(Application of low density polyethylene [LDPE] on the production of composite ferrite magnet)

Lucky Zaehir Maulana, Agus Yulianto, dan Sulhadi

Laboratorium Kemagnetan Bahan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang,  
Jalan Raya Sekaran, Gunungpati Semarang 50229, Indonesia  
dan email: lucky88.maulana@gmail.com

---

### Abstrak

Telah dibuat komposit magnet dari campuran *ferro ferrite* ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )/ stronsium *ferrite* ( $\text{SrO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan plastik *low density polyethylene* (LDPE). *Low density polyethylene* (LDPE) merupakan jenis plastik yang banyak dikenal di pasaran. Komposit yang dihasilkan berbentuk *bulk*. Metode yang digunakan adalah dengan mencampurkan bahan saat bahan meleleh kemudian dicetak. Dari karakterisasi dengan Mikroskop ini, dan dihasilkan ketahanan kuat tekan sampai  $725.84 \text{ kgf/cm}^2$  untuk *ferro ferrite* dan sampel stronsium *ferrite* memiliki ketahanan rata-rata sebesar  $500 \text{ kg/cm}^2$  saat sampel mulai terdeformasi. Dari uji magnetisasi diketahui sampel merupakan *hard magnet* dengan medan remanen  $0,1 \text{ kG}$  sampai  $0,97 \text{ kG}$ . Medan koersif berkisar  $1.011 \text{ kOe}$  sampai  $1.297 \text{ kOe}$ .

Kata kunci: *ferro ferrite*, komposit, plastik, stronsium *ferrite*

### Abstract

Magnet composite between *ferro ferrite* ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ )/ stronsium *ferrite* ( $\text{SrO}\cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) and low density polyethylene (LDPE) plastic has successfully been made. *Low density polyethylene* (LDPE) is a popular plastic in public market. The composite made in bulk shape. In this case, we blend the material when it is melted then forming them in bulk shape. From CCD digital microscope image has seen that bulk magnet have high homogeneity. To test compression power we use ADR touch 2000 standard Compression and Universal Compression to test them, and we know  $725.84 \text{ kgf/cm}^2$  to *ferro ferrite* and average  $500 \text{ kg/cm}^2$  to stronsium *ferrite* sample until sample has deform. From investigation of the magnetic property, the sample turns out to be a hard magnet with  $0,1 \text{ kG}$  until  $0,97 \text{ kG}$  remanence field. The magnitude of the coercive field is  $1.011 \text{ kOe}$  until  $1.297 \text{ kOe}$ .

Key words: *ferro ferrite*, composite, plastic, stronsium *ferrite*

---

### Pendahuluan

Penelitian tentang kemagnetan masih berkuat atau bergelut pada bidang sintesis. Hal itu disebabkan karena lebih menguntungkan dan memiliki prospek bagus dari berbagai bidang [1]. Di Indonesia banyak peneliti yang mengerjakan penelitian pada bidang sintesis. Lab Material Magnetik Unnes banyak melakukan penelitian tentang pasir

besi. Seperti pada penelitian pasir besi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), setelah melalui Kalsinasi pada suhu berbeda didapatkan hasil berupa Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) [2].

Saat ini teknologi sintesis pasir besi semakin berkembang [3]. Untuk menindak lanjuti hal tersebut perlu dilakukan inovasi-inovasi baru tentang pengolahan hasil sintesis pasir magnet.

Pada pembentukan magnet, baik keramik maupun magnet konvensional lainnya biasanya menggunakan suhu relatif tinggi

diatas 700°C [4]. Cara pembuatan magnet seperti ini membutuhkan energi yang cukup besar. Alangkah lebih efisien jika bisa membuat produk dengan kalitas yang hampir sama namun dengan energi yang relatif lebih kecil. Untuk menjembatani masalah tersebut peneliti menggunakan metode komposit dengan plastik sebagai bahan pengikat atau *Bond*.

Pada penelitian ini plastik yang sebagian orang dianggap sebagai sampah dan barang dengan nilai ekonomi cukup rendah digunakan sebagai pengikatnya. Plastik memiliki sifat fisis kuat, densitas rendah, dan mudah dibentuk. Plastik yang digunakan sebagai pengikat merupakan salah satu jenis Polyeten. Polyeten merupakan bahan organik yang memiliki titik leleh relatif rendah [5]. Dewasa ini pembuatan komposit magnet dengan plastik masih jarang ditemukan.

Jenis polyeten yang digunakan yaitu *low density polyethylene*. Plastik jenis ini bisa dikatakan sebagai plastik induk karena masih bisa di daur ulang menjadi plastik jenis lain. LDPE memiliki nilai densitas lebih kecil dari air murni sekitar 0.920 g/cm<sup>3</sup> [6].

Homogenitas bulir pada *bulk* sangat mempengaruhi sifat magnet suatu bahan. Pada penelitian ini diharapkan didapatkan komposit magnet dengan struktur homogen. Komposit magnet yang dihasilkan diharapkan juga memiliki sifat fisis cukup kuat sehingga bisa digunakan untuk berbagai keperluan.

## Metode Penelitian

### *Bahan dan peralatan*

Bahan utama yang digunakan yaitu pasir besi atau serbuk magnet *ferro ferrite* (FeO.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Serbuk Magnet atau pasir besi yang digunakan diambil langsung dari alam yang disaring dengan jenis penyaring T 200 dengan ukuran bulir 200-400 mesh. *Ferro ferrite* tergolong magnet

lemah namun bisa diaplikasikan menjadi magnet lunak [7].

Sebagai bahan pengikat (*bond*) digunakan *low density polyethylene* yang diproduksi oleh Shanghai Petrochemical (China) dengan *melt index* 2.1 g/10 min dan massa jenis 0.910-0.94 g/cm<sup>3</sup> [1]. Bahan campuran lain yaitu CaCO<sub>3</sub> dan PEG (Polyeten Glikol) 600 [8].

Alat yang digunakan yaitu: tabung reaksi, *ball milling*, penyaring T 200 dan T 165, oven, timbangan digital, kompor, cawan, alat press 3 ton, spatula dan amplas. Alat pengujian atau karakterisasi yang digunakan yaitu: mikroskop digital CCD dan *standard compression*.

### *Metode*

Pembuatan komposit magnet dimulai dengan mempersiapkan serbuk magnet. Serbuk magnet yang digunakan adalah *ferro ferrite* dan stronsium *ferrite*. Serbuk *ferro ferrite* diambil dari pengolahan pasir besi. Langkah awal adalah memisahkan pasir besi dengan bahan non magnetik lain menggunakan alat pemisah. Setelah dipisahkan pasir besi dicuci dengan air untuk menghilangkan tanah dan bahan pengotor lain. Kemudian pasir dikeringkan. Kedua pasirmagnet melewati tahap penggilingan dengan ball milling selama ±8 jam. Setelah halus selanjutnya pasir *ferro ferrite* disaring dengan penyaring T 200 dan pasir stronsium *ferrite* disaring dengan penyaring T 165 sehingga didapatkan serbuk magnet dengan ukuran bulir 200-400 mesh.

Pembuatan bonded magnet diawali dengan mencampur pasir magnet dan *bond* (plastik LDPE). Kemudian memanaskan dan mengaduk sampai kalis pada suhu ±110°C. Setelah benar-benar kalis campuran tersebut dimasukkan ke mesin press bertekanan 3 tonf selama ±10 menit. Hasil yang didapatkan berupa komposit magnet berbentuk *Bulk*.

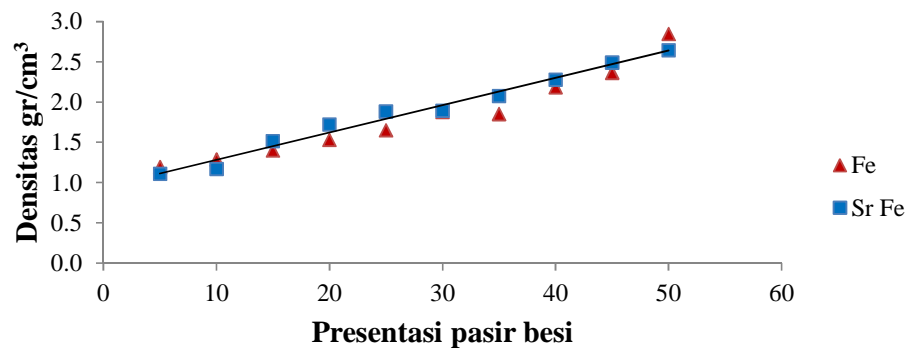
## Hasil dan Pembahasan

### *Pengukuran densitas bahan*

Nilai densitas didapatkan dengan menghitung massa sampel dibagi volume sampel. LDPE memiliki densitas relatif rendah yaitu sekitar  $0.9 \text{ gram/cm}^3$  [9]. Sedangkan *ferro ferrite* memiliki densitas  $5.2 \text{ gram/cm}^3$ . Nilai presentase terhadap densitas dapat dilihat pada Grafik 1 dimana dot merah mewakili *ferro ferrite* dan dot biru menggambarkan stronsium *ferrite*.

Dari data pada Grafik 1 terlihat massa jenis sampel berkisar antara 1 sampai 2.6

$\text{g/cm}^3$ . Pencampuran material magnetik dengan plastik dapat menghasilkan magnet ringan. Nilai Densitas bahan meningkat secara linier. Kelinieran ini disebabkan karena penambahan campuran pasir magnet ditambahkan dengan jumlah meningkat secara konstan. Pada sampel yang dibuat komposisi pasir magnet yang notabene memiliki densitas besar meningkat sehingga densitas bahan dari sampel juga meningkat.

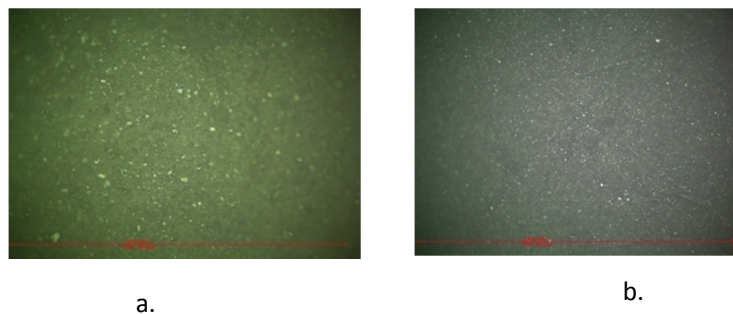


**Grafik 1.** Nilai denistas sampel *Bulk* magnet menggunakan LDPE dan *ferro ferrite*.

#### Karakterisasi citra struktur mikro

Gambaran morfologi dari komposit plastik magnet dilihat menggunakan mikroskop digital CCD. Gambaran ini bertujuan untuk mengetahui sebaran partikel pasir besi pada sample. Mikroskop digital CCD ini mampu melihat sample dengan perbesaran antara 400 sampai 2400 kali.

*Ferro ferrite* yang digunakan telah diekstraksi dan digiling sehingga lolos saring T 200 dan stronsium *ferrite* lolos saring T 165. Plastik yang digunkana yaitu *low density polyethylene* merupakan polymer hidro-karbon yang memiliki rantai sangat panjang sekitar 10-20.000 rantai. Hal tersebut membuat *low density polyethylene* memiliki ukuran molekul sangat besar. Gambar persebaran patikel pasir magnet ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Foto mikroskopi sample dengan komposisi.

Bulir kecil pada fotomikroskopi di atas merupakan bulir pasir magnet yang berbentuk oval [10] Homogenitas ini terjadi setelah bahan melalui proses pemanasan dan proses pemberian tekanan membuat pasir seakan-akan menyusupi celah antara plastik. Molekul *low density polyethylene* yang cukup besar dengan proses tertentu bisa dibentuk menjadi partikel berukuran kecil bahkan mampu dibuat menjadi film dengan ketebalan 30  $\mu\text{m}$  [11]. Sifat-sifat Low Density Polyetilen tadi membuat komposit magnet ini memiliki sebaran pasir besi merata. Homogenitas bulk atau meratanya partikel pasir besi sangat penting guna keseragaman medan magnet yang dihasilkan dari magenet komposit.

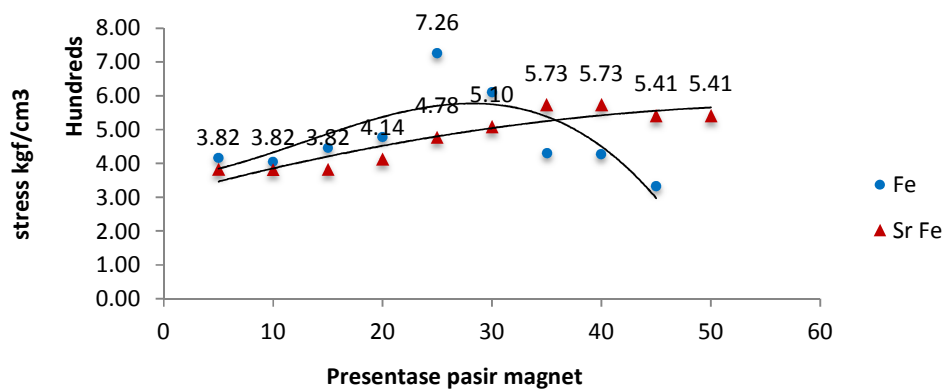
#### Uji kuat tekan

Uji kuat tekan bertujuan mengetahui ketahanan sample jika mengalami suatu tekanan. Alat yang digunakan ialah ADR touch 2000 standard compression. Alat ini mampu memberi tekanan maksimum sebesar 20 tonf dengan kecepatan 50 kg/s.

Prinsip kerja uji ini yaitu dengan memberi tekanan pada sample pada arah vertikal, dengan beban tertentu. Pada karakterisasi ini biasanya ditekan sampai terjadi retakan, namun pada karakterisasi sample ini sample tidak dapat retak tapi terdeformasi menjadi lebih pipih. Setelah tekanan dihilangkan, sample kembali ke bentuk semula. Nilai yang diambil adalah saat sample di beri tekanan kemudian mengalami sedikit deformasi.

Nilai kuat tekan sample ditunjukkan pada grafik 2. Sumbu X mewakili variasi sample dari komposisi 5% pasir magnet sampai komposisi 50% pasir magnet. Sumbu Y menunjukkan kuat tekan, dengan satuan  $\text{kgf/cm}^2$

Dari data yang didapatkan terlihat kuat tekan memiliki kecenderungan naik sampai sample ke 5 dengan komposisi 75% LDPE dan 25% pasir besi low density polyethylene, dan kemudian turun pada komposisi berikutnya.



**Grafik 2.** Grafik presentase ferro ferrite terhadap stress.

Seperti diketahui besi memiliki sifat mekanik relatif baik baik dibanding plastik(LDPE). Seperti tergambar pada grafik 2 ketika kedua bahan digabungkan kekuatan mekanik yang dihasilkan tidak linear.

Pada sampel *ferro ferrite* nilai kuat tekan meningkat sampai sample dengan kekuatan optimum sebesar 2279.13 kgf atau sebesar 725.84  $\text{kgf/cm}^2$  pada sample ke 5 dengan komposisi 75% LDPE dan 25% pasir besi. Setelah titik ini kuat tekan sample mengalami penurunan.

Penurunan ini terlihat sampai sample terakhir dengan komposisi (50% pasir besi). Jumlah pengikat atau plastik LDPE berjumlah relatif banyak sebesar 50 % dan pasir *ferro ferrite* berjumlah lebih sedikit.

Pada sampel stronsium *ferrite* nilai kuat tekan cenderung sama dengan sampel *ferro-ferrite* namun mengalami pergeseran puncak. Nilai kuat tekan relatif sama pada komposisi 5%-20% stronsium *ferrite* dan mengalami peningkatan pada titik 30% sampai 40% stronsium *ferrite*

Pada komposisi pasir magnet 5%-20% jumlah jumlah LDPE relatif lebih banyak sehingga kekuatan fisik yang dimiliki sample mendekati sifat plastik LDPE merupakan bahan dengan sifat fisik yang relatif lemah (Supri, 2008). Pada komposisi 40%-50% pasir magnet jumlah plastik LDPE relative sedikit. Hal tersebut menyebabkan jumlah pengikat dan yang diikat terlalu banyak pengikat sehingga kekuatan ikatan plastik

menurun. Pada grafik terdapat pergeseran puncak yang disebabkan perbedaan bulir pasir magnet yang digunakan.

#### 1. Uji sifat kemagnetan

Alat yang digunakan adalah Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH Permagraph C dari Jerman. Seluruh sampel yang terdiri dari 10 variasi dapat diuji dengan Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH Permagraph C. Hasil dari pengukuran berupa diagram kartesian.

Peneliti memfokuskan pada medan remanen (Br), medan koersif (Hc) dan energi maksimum magnet (BH Maks). Medan koersif intrinsik dapat membedakan magnet keras dan magnet lemah (Thakur, 2012). Nilai parameter tersebut dituliskan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai parameter hasil karakterisasi magnetisasi Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH Permagraph C.

Komposisi SrO.6Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Remanen/Br (kG)	Koersif/HcJ (kOe)
5	0.10	1.043
10	0.17	1.145
15	0.31	1.14
20	0.42	1.244
25	0.5	1.272
30	0.56	1.138
35	0.62	1.050
40	0.75	1.009
45	0.85	1.297
50	0.97	1.011

Dari data yang dihasilkan seperti tertera pada Tabel 1 medan remanen meningkat dari 0,1 kG sampai 0,9 kG. Peningkatan ini disebabkan peningkatan konsentrasi stronsium ferrite pada sampel [12]. Peningkatan konsentrasi ini sejalan dengan peningkatan jumlah domain magnet yang menyebabkan peningkatan jumlah dipole magnetik pada sampel. Medan koersif yang diperoleh pada sampel menerangkan magnet yang dihasilkan merupakan magnet keras [13]. Karena besaran BH diukur dengan satuan mega maka dari data yang didapatkan terdapat beberapa nilai energi magnetik maksimum (BH maks) yang tercatat sebesar 0. Walaupun nilai BH maks bernilai kecil namun magnet yang dihasilkan mampu menarik atau menempel bahan magnetik lain.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Magnet komposit FeO.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SrO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan LDPE sebagai *bond* telah berhasil dibuat dengan cara memanaskan bahan, mencampur dan mencetak dengan alat press.
2. Berdasarkan hasil foto mikroskopi komposit plastik magnet yang dihasilkan memiliki tingkat homogenitas cukup tinggi.
3. Dari hasil pengukuran densitas sample yang dihasilkan diperoleh informasi bahwa sample yang dihasilkan merupakan magnet ringan.
4. Kuat tekan optimum terdapat pada sample dengan komposisi 25% pasir besi dan 75% plastik. Pada sampel campuran stronsium ferrite dengan komposisi pasir magnet lebih dari 30% memiliki ketahanan kuat tekan relatif baik dengan nilai lebih dari 500 kg/cm<sup>2</sup>.
5. Berdasarkan uji permapraph dihasilkan magnet komposit permanen atau hard

magnet dengan medan remanen 0,1 kG sampai 0,97 kG. Medan koersif berkisar 1.011 kOe sampai 1.297 kOe.

### Pustaka

- [1] Katarzyna, Sobocińska. 2008. X-ray Investigations of the Biodegradation Capacity of PBSA in LDPE/PBSA Blends. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe January / December / B 2008, Vol. 16, No. 6 (71)*.
- [2] Yulianto, A .2007. Fasa Oksida Besi Untuk Sintesis Serbuk Magnet Ferit. *Indonesian Journal of Materials Science*. No. 536/D/2007.
- [3] Cullity B. D. & Graham, C. D.2009. *Introduction to Magnetik Material 2<sup>nd</sup> Edition*. Wille. Canada.
- [4] Tudorachea, F. 2012. Comparison between Powders of Strontium Hexaferrite Processed by Dynamic Gas Heat Treatment and Recalcination. *Proceedings of the International Congress on Advances in Applied Physics and Materials Science, Antalya 2011*.
- [5] Huang, Xingyi. 2007. Atomic Force Microscopy Analysis of Morphology of Low Density Polyethylene Influenced by Al Nano- and Microparticles. *Wiley Inter Science No. DOI 10.1002/app.27357*.
- [6] Achilias, Dimitris, S. et al. 2012. Recent Advances in the Chemical Recycling of Polymers (PP, PS, LDPE, HDPE, PVC, PC, Nylon, PMMA. Thessaloniki . Greece.
- [7] Lopez, Javier A. 2009. Synthesis And Characterization Of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanofluid. *Jurnal Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 30: 60-66.
- [8] Shestak, I. V. 2011. Effect of Polyacrylic Acid and Polyethylene

- Glycol on the Crystallization of Calcium Carbonates in the Presence of Magnesium Ions. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 56 : 176–180.
- [9] Supri. 2008. *Low Density Polyethylene-Nanoclay Composites: The Effect of Poly(acrylic acid) on Mechanical Properties, XRD, Morphology Properties and Water Absorption*. University Malaysia Perlis (UniMAP). Perlis. Malaysia.
- [10] Ghandoor. 2012. Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles. *Int. J. Electrochem. Sci., International Journal of Electrochemical Science. Egypt*, 7.
- [11] Suwannahong, Kowit. 2012. Application of Nano-TiO<sub>2</sub> /LDPE composite film on photocatalytic oxidation degradation of dichloromethane. *Journal of Environmental Biology*.
- [12] Kruželák, J. 2012. Influence Of Strontium Ferrite On Properties Of Composites Based On Polar And Non-Polar Rubber Matrices. *Electrical Engineering*, 63: 137-140.
- [13] Thakur, A. 2012. Crystallization Kinetics of Strontium Hexaferrite: Correlation to Structural, Morphological, Dielectric and Magnetic Properties. *Materials Letters*, 8: 595-603.