Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 34- 38
ISSN : 1411-1098

STUDI ELASTOFERIT BERBASIS ETIL VINIL ASETAT (EVA) DAN ELASTOMER TERMOPLASTIK (ETP) DAN PENGUJIAN SIFAT MEKANIK, STRUKTURMIKRO DAN MAGNETIKNYA

Sudirman[1], Ridwan[1], Mujamilah[1], Silviani Budiman[2] dan Febriyanti Eka Putri.[2]

[1] *Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) – BATAN*
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Banten
[2] *Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri – ITI*
Jl. Raya Puspiptek, Serpong 15314, Banten

ABSTRAK

STUDI ELASTOFERIT BERBASIS ETIL VINIL ASETAT (EVA) DAN ELASTOMER TERMOPLASTIK (ETP) DAN PENGUJIAN SIFAT MEKANIK, STRUKTURMIKRO DAN MAGNETIKNYA. Dalam aplikasi di industri sifat magnetik dari magnet komposit tidak perlu tinggi. Oleh sebab itu, pemakaian polimer sebagai matriks yang berfungsi sebagai *binder* dapat diterapkan sehingga akan diperoleh magnet komposit yang ringan, fleksibel dan murah. Di Negara China, nilai penjualan magnet komposit berbasis heksaferit (52 juta US $) lebih tinggi dari pada komposit magnet berbasis NdFeB (13,5 juta US $). Sifat kelenturan magnet komposit ditentukan oleh polimer yang digunakan, bila polimer bersifat elastis maka akan diperoleh elastoferit. Dalam penelitian ini, digunakan serbuk heksaferit $SrO.6Fe_2O_3$ (SrM) dan $BaO.6Fe_2O_3$ (BaM) yang sudah dikalsinasi pada suhu 1200°C sebagai bahan dasar magnet, dan EVA/ETP sebagai bahan polimer. Kedua jenis bahan tersebut dilakukan pencampuran didalam *Labo Plastomill* dengan suhu operasi 130°C selama 7 menit dengan kecepatan putaran pengaduk 30 rpm, dengan memvariasi kandungan serbuk heksaferit di dalam komposit sebesar 30, 40 dan 50% fraksi volume. Selanjutnya dilakukan pres sehingga diperoleh benda uji berbentuk lembaran dan di karakterisasi sifat mekanik, magnetik dan strukturmikronya. Dari hasil strukturmikro dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel serbuk SrM sebesar 1,6 μm dengan bentuk pipih sedangkan BaM berbentuk *nodular* dengan ukuran partikel sebesar 1,2 μm. Sifat mekanik magnet komposit berbasis EVA lebih besar dibandingkan dengan komposit berbasis ETP, seperti komposit antara EVA dengan 30%, 40% dan 50% fraksi volume SrM mempunyai kuat tarik sebesar 44,68 ; 53,87 dan 57,07 kg/cm² sedangkan untuk ETP dengan 30% fraksi volume SrM, kuat tariknya sebesar 19,72 kg/cm². Sifat magnetik untuk magnet komposit berbasis polimer EVA mempunyai harga yang hampir sama dengan nilai produk energi terendah pada komposisi 30% fraksi volume BaM adalah 0,0400 MGOe dan tertinggi pada komposisi 50% fraksi volume SrM adalah 0,2860 MGOe. Untuk magnet komposit berbasis polimer ETP dengan nilai produk energi terendah sebesar 0,0242 MGOe pada 30% fraksi volume SrM dan tertinggi sebesar 0,2262 MGOe untuk 40% fraksi volume BaM.

Kata Kunci : Elastoferit, Etil Vinil Asetat, Elastomer Termoplatik, heksaferit.

ABSTRACT

A STUDY OF ELASTOFERRITE BASED ON ETHYL VINYL ACETATE (EVA) AND ELATOMER THERMOPLASTIC (ETP) AND ITS MECHANICAL, MICROSTRUCTURE AND MAGNETICAL CHARACTERIZATIONS. In industrial application, the magnetic properties of the magnetic composites do not have to be too high. In China, the omset of composite based on hexaferrite (US $ 52 million) is higer than the composite based on NdFeB (US $ 13.5 million). The use of polymer as binder in magnetic composites gives materials with excellent properties such as light, flexible and cheap. The elasticity of the magnetic composites depends on the properties of the polymer matrix used in the materials. When hexaferrite powder is binded with an elastic polymer, elastoferrite is obtained. In this study, hexaferrite $SrO.6Fe_2O_3$ (SrM) and $BaO.6Fe_2O_3$ (BaM) which was calsinated at 1200 oC was used with EVA/ETP as binder. These two materials were mixed in Labo Palstomill at 130 oC for 7 minutes with rotation speed of 30 rpm. The volume fraction of the hexaferrite powder was varried (30, 40 and 50%). The mixture was pressed to obtain sheets. The sheets were characterization to obtain : mechanical, magnetical and microstructure properties. The particle size and shape of SrM and BaM podwer were measured with SEM. The particle size of SrM and BaM are 1.6 μm and 1.2 μm respectively. The SrM shape is flaky and the BaM shape is nodular. Mechanical properties of the composite based on EVA is better than that based on ETP. At 30% volume faction, the tensile strength of EVA composite is 44.68 kg/cm³ while the ETP composite is 19.72 kg/cm³. The magnetic properties of both composites (EVA and ETP) were characterized. The result show that, for EVA composites, the lowest energy value was 0.0400 MGOe (30% BaM volume fraction) and the highest energy value was 0.2860 MGOe (50% SrM volume fraction). For ETP composites, the lowest energy value was 0.0242 MGOe (30% SrM volume fraction) and the highest energy value was 0.2262 MGOe (40% BaM volume fraction).

Key words : Elastoferrite, Ethyl Vinyl Acetate, Elastomer Thermoplastic, hexaferrite.

PENDAHULUAN

Berkembangnya industri mainan anak dan makin tingginya pemakaian alat listrik rumah tangga di Indonesia, maka kebutuhan magnet komposit semakin bertambah. Dari data Biro Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa dalam industri mainan anak, nilai total penjualan produk magnet lokal sebesar Rp. 24.376.000,- sedangkan penjualan produk magnet untuk industri alat listrik rumah tangga, adalah sebesar Rp. 1.078.285.000,-. Dari data tersebut diatas, hampir 80% masih diimpor dari luar negeri.[1] Hal inilah yang mendorong dikembangkannya bahan magnet yang memenuhi sifat-sifat yang diinginkan, inovatif dan memiliki daya saing.

Disamping itu di negara China, nilai penjualan magnet komposit berbasis heksaferit (52 juta US $) lebih tinggi dari pada komposit magnet berbasis NdFeB (13,5 juta US $).[2] Sementara itu dalam aplikasinya di industri mainan anak dan alat listrik rumah tangga, sifat magnetik dari produk magnet tidak perlu tinggi. Oleh sebab itu, pemakaian polimer sebagai matriks yang berfungsi sebagai *binder* dapat diterapkan sehingga akan diperoleh magnet komposit yang ringan, fleksibel dan murah.[3]

Pembuatan magnet komposit dengan matriks polimer akan diperoleh magnet komposit bersifat *rigid* atau elastis. Sifat kelenturan magnet komposit ditentukan oleh matriks polimer yang digunakan, bila digunakan polimer bersifat elastis (seperti : karet alam, etil vinil asetat, dan *butil rubber*) dengan serbuk magnet heksaferit maka akan diperoleh elastoferit dan berlaku sebaliknya, bila digunakan polimer termoplastik (seperti : Polietilena, Polipropilena dan Polistirena) maka akan diperoleh *rigid bonded* magnet.[4]

Proses pembuatan *bonded magnet* dilakukan dengan mencampur serbuk magnet heksaferit berupa $SrO.6Fe_2O_3$ (SrM) atau $BaO.6Fe_2O_3$ (BaM) dengan polimer ETP (Elastomer Termoplastik) atau EVA (Etil Vinil Asetat) pada berbagai komposisi fraksi volume. Serbuk heksaferit SrM atau BaM merupakan limbah dari pabrik baja sedangkan ETP dan EVA mempunyai sifat mekanik yang baik diantara polimer bersifat elastis.[5,6] Oleh sebab itu dengan adanya pencampuran antara serbuk magnet heksaferit dengan ETP atau EVA akan diperoleh sifat-sifat mekanik, termal dan magnet yang bagus.

Diharapkan dengan pembuatan magnet komposit ini dapat mengurangi impor karena pada magnet berperekat polimer elastis (elastoferit) terbuat dari kandungan lokal yang besar, sehingga diperoleh magnet komposit yang *cost effective.*

TATA KERJA

Pada penelitian ini digunakan jenis heksaferit $SrFe_{12}O_{19}$ (SrM) atau $Ba\ Fe_{12}O_{19}$ (BaM) yang diperoleh dari pabrik PT. Sumimagne Utama - Cilegon, Banten. Etil Vinil Asetat (EVA) produksi Samsung dan ETP merupakan bahan termoplastik elastomer yang dibuat dengan cara mencampurkan karet alam (lateks) dengan monomer metil metakrilat (MMA) dengan komposisi tertentu dan diiradiasi sinar gamma pada dosis optimal [7].

Sebelum digunakan serbuk heksaferit $SrO.6Fe_2O_3$ (SrM) dan $BaO.6Fe_2O_3$ (BaM) dikalsinasi pada suhu 1200°C sebagai bahan dasar magnet, dan EVA/ETP sebagai bahan pengikat serbuk. Kedua jenis bahan tersebut dilakukan pencampuran didalam *Labo Plastomill* dengan suhu operasi 130°C selama 7 menit dengan kecepatan putaran pengaduk 30 rpm, dengan memvariasi kandungan serbuk heksaferit di dalam komposit sebesar 30, 40 dan 50% fraksi volume. Selanjutnya dilakukan pres (*hot pressing* dan *cold pressing*) sehingga diperoleh benda uji berbentuk lembaran. Kemudian dilakukan karakterisasi meliputi : sifat mekanik, sifat magnetik dan strukturmikronya.

Pengujian sifat mekanik meliputi : kekuatan tarik, kekuatan luluh dan perpanjangan putus. Peralatan yang digunakan adalah alat uji kekuatan tarik merek *Toyoseiki, Strograph R1*, di Laboratorium Proses Industri – P3TIR, BATAN. Lebar dan tebal potongan uji diukur dengan mikrometer pada bagian yang sempit, dicatat harga rata-ratanya. Selanjutnya potongan uji (bentuk *dumbell* ASTM D-1822-L) dijepitkan pada penjepit mesin *Toyoseiki* dengan jarak yang terlebih dahulu ditandai dengan dua garis sejajar. Mesin *Toyoseiki* dijalankan dan beban yang dibawa potongan uji akan terekam pada kertas grafik berupa kurva. Jarak antara kedua tanda garis diamati sampai potongan uji putus. Untuk penentuan kekuatan tarik maksimum dilakukan pencatatan pada saat potongan uji putus. Untuk penentuan Perpanjangan Putus (EB%), digunakan alat dan prosedur kerja yang sama seperti penentuan kekuatan tarik tersebut diatas. Penentuan perpanjangan putus dapat dihitung sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$EB = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\ \%$$

Dimana :

EB = Perpanjangan putus (%)

L_1 = Panjang asal potongan uji antara dua tanda garis (cm)

L_0 = Panjang potongan uji antara dua tanda garis pada waktu putus (cm)

Pengujian strukturmikro dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) di laboratorium SEM, Bidang Bahan Industri, P3IB-BATAN. Sebelum dilakukan pengamatan strukturmikro, sampel dipotong dalam keadaan getas (dengan cara dicelupkan dalam nitrogen cair) sehingga diperoleh bentuk permukaan yang mewakili. Permukaan sampel kemudian dilapisi dengan emas agar bersifat konduktif. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam wadah dan pada monitor dapat dilihat bentuk permukaannya. Daerah permukaan

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 34- 38
ISSN : 1411-1098

sampel yang mewakili dipilih dan kemudian diperbesar dengan pembesaran 2000 kali. Setelah itu pencetakan foto strukturmikro sampel.

Pengujian sifat kemagnetan dari sampel dilakukan dengan menggunakan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) tipe *Oxford* VSM 1,2H di laboratorium Uji Magnetik, Bidang Bahan Maju, P3IB-BATAN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran sifat mekanik yang meliputi kekuatan luluh, kekuatan tarik dan perpanjangan putus diperlihatkan pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Sifat Mekanik Magnet Bonded Berbasis Heksaferit Dengan Polimer EVA dan ETP Dengan Berbagai Komposisi (% Fraksi Volume)

No	Jenis Sampel	Kekuatan Luluh (Kg/cm^2)	Kekuatan Tarik (Kg/cm^2)	Perpanjangan Putus (%)
1	EVA	26,86	102,61	500,00
2	ETP	---	38,60	971,43
3	EVA 30% SrM 40% SrM 50% SrM	 48,94 53,87 57,07	 48,94 53,87 57,07	 333,33 17,14 ---
4	EVA 30% BaM 40% BaM	 29,38 62,13	 26,37 62,84	 142,86 27,14
5	ETP 30% SrM	 8,13	 19,72	 90,00
6	ETP 30% BaM 40% BaM	 7,93 2,35	 23,27 4,50	 134,29 5,71

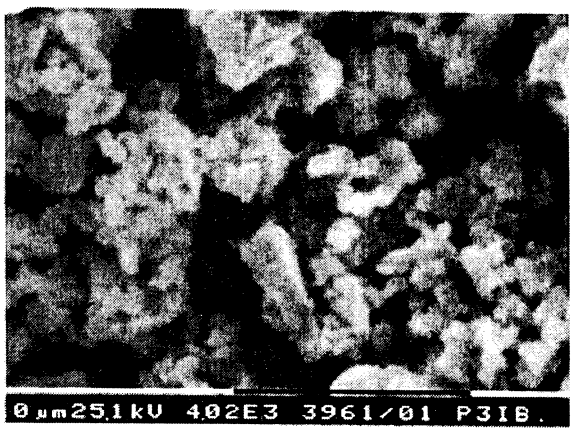
Sifat mekanik komposit sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik bahan penyusunnya. Oleh sebab itu komposit yang terbentuk dengan serbuk yang sama, dipengaruhi oleh sifat mekanik dari polimer, seperti sifat mekanik komposit berbasis EVA lebih baik dibandingkan komposit berbasis ETP untuk komposisi serbuk yang sama. Hal ini dikarenakan sifat mekanik EVA lebih baik dibandingkan ETP (lihat Tabel 1 diatas). Kekuatan tarik komposit berbasis EVA dengan 30% SrM sebesar 44,68 kg/cm^2, lebih besar dibandingkan komposit berbasis ETP untuk komposisi SrM yang sama dengan harga sebesar 19,72 kg/cm^2.

Hal yang sama juga berlaku untuk komposit dengan serbuk yang lain (BaM), seperti komposit berbasis EVA dengan 30% BaM mempunyai kekuatan tarik sebesar 26,37 kg/cm^2. Untuk komposit berbasis ETP dengan komposisi serbuk yang sama mempunyai kekuatan tarik sebesar 23,27 kg/cm^2.

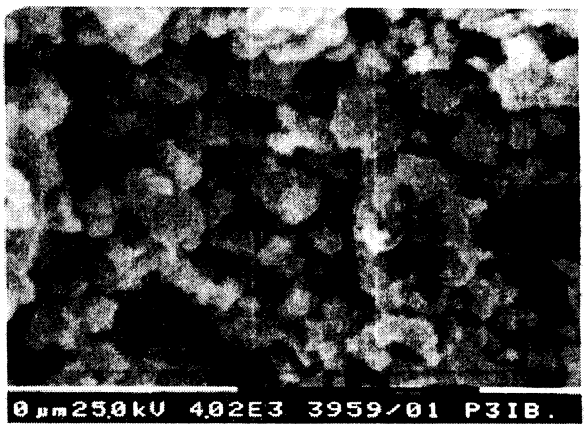
Dalam pembuatan komposit berbasis EVA dengan serbuk SrM, diperoleh hingga komposisi serbuk SrM sebesar 50% v/v, sedangkan komposit berbasis ETP dengan serbuk BaM hanya diperoleh komposisi sebesar 40% v/v, untuk komposisi diatas 40% v/v tidak dapat bercampur baik. Hal ini dikarenakan bahan ETP merupakan *grafting* antara elastomer berupa karet alam (lateks) dengan termoplastik berupa metil metakrilat. Kompatibilitas bahan ETP sebagai matriks dengan fungsi *binder*, sifatnya sangat dipengaruhi oleh besarnya *grafting* yang terjadi. ETP yang digunakan pada penelitian ini mempunyai *grafting* sebesar < 50%, dikarenakan inhibitor di dalam monomer metil metakrilat ikut teriradiasi sehingga presentasi *grafting*nya kecil dan mempengaruhi sifat mekanik dari komposit yang terbentuk. [7].

Artinya komposit berbasis EVA, baik dengan serbuk SrM maupun BaM mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan luluh meningkat tetapi perpanjangan putusnya menurun dengan meningkatnya fraksi volume serbuk. Sedangkan untuk komposit berbasis ETP dengan serbuk BaM mengalami penurunan pada kekuatan tarik, kekuatan luluh dan perpanjangan putus dengan meningkatnya komposisi serbuk di dalam kompositnya.

Sifat komposit dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik polimer, selain itu juga dipengaruhi oleh bentuk dan jenis serbuk. Dari hasil pengukuran SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk serbuk BaM (Gambar 1) dan SrM (Gambar 2) diperlihatkan seperti di bawah ini :



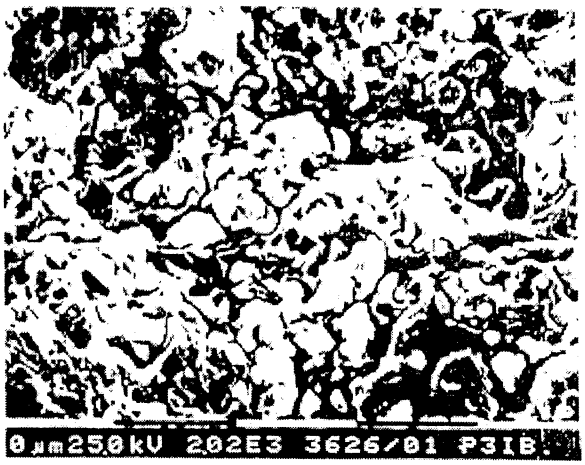
Gambar 1. Strukturmikro serbuk BaM



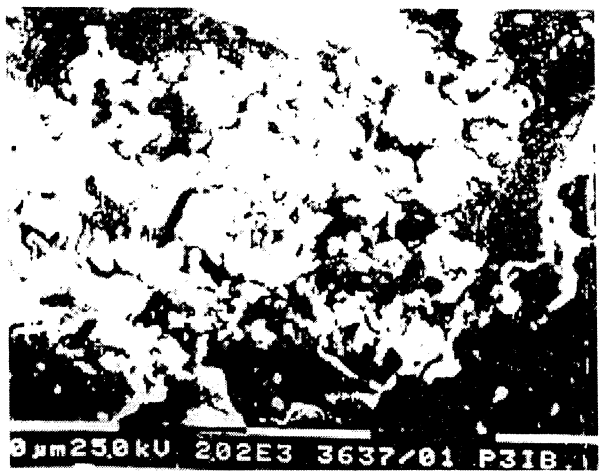
Gambar 2. Strukturmikro serbuk SrM

Dari strukturmikro dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel serbuk SrM sebesar 1,6 µm dengan bentuk pipih sedangkan BaM berbentuk *nodular* dengan ukuran partikel sebesar 1,2 µm. Dari foto SEM diketahui

juga sebaran ukuran butiran yang digunakan untuk serbuk BaM ternyata lebih kecil (halus) dibandingkan dengan ukuran serbuk SrM. Dengan ukuran yang lebih kecil serta bentuk partikel yang *nodular* (bulat) memudahkan serbuk untuk masuk dan mengisi ruang volume dalam matriks polimer ketika terjadi *swelling* (pengembungan). Oleh sebab itu tidak terlihat adanya pengumpalan karena distribusi partikel yang homogen, berbeda dengan strukturmikro berbasis SrM (lihat Gambar 3 dan 4). Pada fraksi volume yang lebih tinggi sebagian serbuk SrM tidak dapat diikat oleh EVA atau ETP dengan baik dan tertinggal di dalam wadah *Labo Platomill*. Sedangkan untuk serbuk BaM, dengan ukuran partikel halus seharusnya bisa diikat oleh EVA atau ETP pada fraksi volume yang lebih tinggi tetapi dikarenakan tegangan permukaan yang berbeda antara polimer dengan serbuk maka pencampuran yang diperoleh tidak homogen sehingga kedua bahan tidak bisa saling berinteraksi dengan baik.

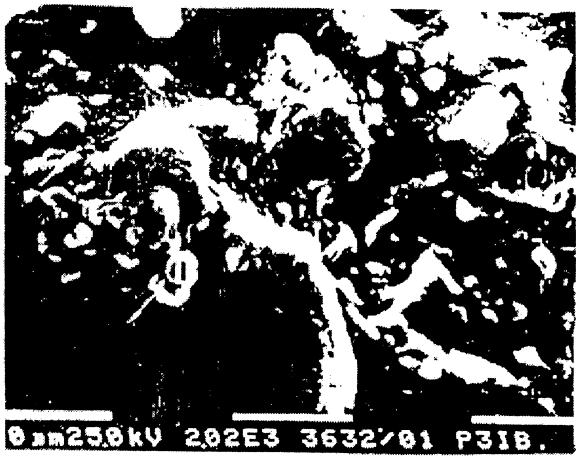


Gambar 3. Strukturmikro komposit berbasis EVA dengan SrM 30% v/v



Gambar 4. Strukturmikro komposit berbasis EVA dengan BaM 30% v/v

Bila dibandingkan Gambar 3 dan 5 memperlihatkan komposit dengan komposisi dan jenis serbuk yang sama tetapi matriksnya berbeda. Dari Gambar 3 memperlihatkan interaksi yang baik antara serbuk SrM dengan polimernya serta tersebar merata, sedangkan Gambar 5 menunjukkan pengikatan serbuk oleh polimer tidak berlangsung dan tidak merata, akibatnya akan mempengaruhi sifat mekanik kompositnya. Oleh sebab itu komposit berbasis EVA mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan komposit berbasis ETP.



Gambar 5. Strukturmikro komposit berbasis ETP dengan SrM 30% v/v



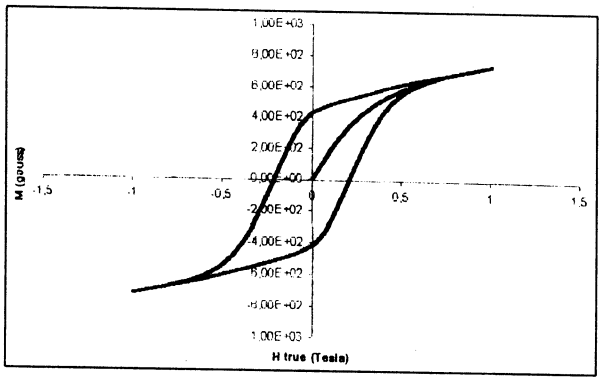
Gambar 6. Strukturmikro komposit berbasis ETP dengan BaM 30% v/v

Hasil pengukuran VSM (*Vibrating Sample Magnetometer)* yang diperoleh, diperlihatkan pada Tabel 2 sebagai berikut :

Hc menyatakan besar medan magnet balik yang dibutuhkan guna menghilangkan kemagnetan suatu bahan, sehingga untuk bahan dengan harga Hc diatas 200 Oe digolongkan magnet keras. Sedangkan untuk kekuatan magnet ditentukan oleh besarnya Br (G) dari bahan, yaitu nilai remanensi magnet yang tersisa di dalam bahan setelah pengaruh medan magnet ditiadakan. Keduanya ditunjukkan pada daerah kuadran kedua dari kurva histeresis hasil pengukuran dengan VSM. Untuk produk energi (BH_{maks}) diperoleh dari hasil perkalian

Volume 3 No. 2, Pebruari 2002, hal : 34- 38
ISSN : 1411-1098

antara B dengan H. Makin tinggi remenansi, makin besar gaya koersif dan *loop* histeresis makin gemuk dan makin besar pula produk energinya (lihat Gambar 7).



Gambar 7. Kurva histerisis magnet komposit berbasis heksaferit

Tabel 2. Sifat magnetik magnet *bonded* berbasis heksaferit dengan polimer EVA dan ETP dengan berbagai komposisi

No	Komposisi	Br (G)	Hc (Oe)	BH_{maks} (MGOe)
1	EVA			
	30% SrM	647	593	0,10082
	40% SrM	879	785	0,17961
	50% SrM	1130	953	0,28601
2	EVA			
	30% BaM	413	370	0,04001
	40% BaM	885	739	0,17098
3	ETP			
	30% SrM	616	573	0,02420
4	ETP			
	30% BaM	585	523	0,08124
	40% BaM	1040	807	0,22621

Dari Tabel 2 tersebut diatas, remanensi komposit meningkat dengan bertambahnya kandungan serbuk baik SrM maupun BaM, karena tinggi rendahnya remanensi sangat bergantung pada kontribusi magnetik dari setiap unsur magnet yang dikandung dalam kompositnya.

Secara umum hasil pengukuran VSM memperlihatkan bahwa sifat magnetik untuk magnet komposit berbasis polimer EVA mempunyai harga yang hampir sama dengan nilai produk energi terendah pada komposisi 30% fraksi volume BaM adalah 0,0400 MGOe dan tertinggi pada komposisi 50% fraksi volume SrM adalah 0,2860 MGOe. Sedangkan untuk magnet komposit berbasis polimer ETP dengan nilai produk energi terendah sebesar 0,0242 MGOe pada kandungan 30% fraksi volume SrM dan tertinggi sebesar 0,2262 MGOe untuk kandungan 40% fraksi volume BaM.

KESIMPULAN

Strukturmikro dengan SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel serbuk SrM sebesar 1,6 μm dengan bentuk pipih sedangkan BaM berbentuk *nodular* dengan ukuran partikel sebesar 1,2 μm. Disamping itu serbuk SrM dan BaM tersebar secara merata di dalam matriks polimer EVA sedangkan di dalam matriks polimer ETP, serbuk SrM dan BaM teraglomerasi di dalamnya. Oleh sebab itu sifat mekanik magnet komposit berbasis EVA lebih besar dibandingkan dengan komposit berbasis ETP, seperti komposit antara EVA dengan 30%, 40% dan 50% fraksi volume SrM mempunyai kuat tarik sebesar 44,68 ; 53,87 dan 57,07 kg/cm^2 sedangkan untuk ETP dengan kandungan 30% fraksi volume SrM, kuat tariknya sebesar 19,72 kg/cm^2.

Sifat magnetik untuk magnet komposit berbasis polimer EVA mempunyai harga yang hampir sama dengan nilai produk energi terendah pada komposisi 30% fraksi volume BaM adalah 0,0400 MGOe dan tertinggi pada komposisi 50% fraksi volume SrM adalah 0,2860 MGOe. Sedangkan untuk magnet komposit berbasis polimer ETP dengan nilai produk energi terendah sebesar 0,0242 MGOe pada kandungan 30% fraksi volume SrM dan tertinggi sebesar 0,2262 MGOe untuk kandungan 40% fraksi volume BaM.

DAFTAR ACUAN

[1]. BIRO PUSAT STATISTIK, Jakarta, (1997).

[2]. MIYAHARA, *Ferrite Permanent Magnet Industry for Card & Tape Application*, Dai Nihon Inki Chemical Company, 2nd International Symposium on Magnetic Industry, China, (1999) 67-73

[3]. ZBIGNIEW D. JASTRZEBSKI, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, Edisi II, (1977) 336-339

[4]. ELA HAYATI, *Sintesis dan Karakterisasi Magnet Komposit Berbasis Heksaferit dengan Matriks Polipropilena dan Polietilena*, Teknik Kimia-ISTA Al Kamal, Jakarta, (2000).

[5]. BENYAMIN M.W., *Handbook of Thermoplastic Elastomer*, Van Norstand Rein Company, New York, (1989).

[6]. MASCIA L., *Thermoplastics Materials Engineering*, Elsevier Applied Science, London, (1989) 52

[7]. MARGA UTAMA, KADARIJAH, HERWINARNI, MADE SUMARTI dan F.X. MARSONGKO, Pembuatan Elastomer Termoplastik Karet Alam dengan Metode Polimerisasi Iradiasi, Simposium Nasional – Himpunan Polimer Indonesia, Jakarta, (1995).