Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 162 - 166
ISSN : 1411-1098

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK MAGNET KOMPOSIT HEKSAFERIT BERBASIS POLIESTER DAN EPOKSI

Sudirman[1], Sugik S[1], Aloma Karo Karo[1], Deswita[1], Ari Handayani[1] dan Anik S.[2]

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN
Jl. Raya Cinere Pasar Jumat, Jakarta 12070

ABSTRAK

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK MAGNET KOMPOSIT HEKSAFERIT BERBASIS POLIESTER DAN EPOKSI. Karakterisasi sifat mekanik magnet komposit heksaferrit berbasis poliester dan epoksi telah dipelajari. Proses pembuatan magnet komposit adalah serbuk bahan magnet heksaferit jenis SrM dan BaM dalam jumlah tertentu ditambahkan *coupling agent* jenis 3-*APE* (3-*Aminopropyltriethoxysilane*) diaduk hingga merata dan dikeringkan. Hasil campuran serbuk magnet dengan *coupling agent* tersebut kemudian dicampur dengan poliester atau epoksi menggunakan perbandingan volume tertentu. Persentase perbandingan antara bahan magnet dengan matriks polimer poliester atau epoksi yaitu 60 : 40, 50 ; 50 , dan 40 : 60. Bahan campuran tersebut diaduk sampai merata kemudian dilakukan *hot press* dan *cold press*. Hasil magnet komposit tersebut dilakukan karakterisasi berupa pengujian kekerasan, uji tarik , uji termal dan pengamatan strukturmikro pada permukaan bahan magnet komposit. Hasil karakterisasi sifat mekanik dari magnet komposit melalui uji *tensile strength* dan kekerasan dapat diperoleh informasi bahwa perbandingan optimum rata-rata yang dicapai bahan magnet baik SrM maupun BaM dengan matriks polimer poliester atau epoksi adalah 50 : 50 % volume dengan suhu degradasi untuk matriks poliester 380 ^{o}C dan matriks epoksi 395 ^{o}C. Produk energi (BH_{max}) terbesar dicapai yaitu 0,27682 MGOe diperoleh pada bahan magnet komposit dari SrM dan poliester dengan perbandingan 50 : 50 % volume.

Kata kunci : Magnet komposit heksaferrit, Sifat mekanik, 3-*APE*, BH_{max}

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MAGNETIC BASE ON POLYESTER AND EPOXY. Characterization of mechanical properties of composite magnetic base on polyester or epoxy have done. The composite were porposed by adding a certain amount of 3-Aminopropyltriethoxysilane (3-APE) to Barium Magnetic (BaM) or Stronsium Magnetic (SrM) types hexaferrite magnetic grain priorly and then mixing with polyester or epoxy with various compositions that is 60 : 40, 50; 50, and 40 : 60 percent volume. The homogenous mixing materials then were pressed in hot and cold press to get sample in form film. The sample then were characterized their mechanical and thermal properties as well as their microstructures. The characterization result show that the optimum composition was 50 : 50 % volume polymer to magnetic material which can be indicated form their mechanical properties data. The thermal properties show the degradation temperature at 380 ^{o}C and 395 ^{o}C for composite based on polyester and epoxy respectivly. The maximum magnetic properties based on BH_{max} was 0.27682 MGOe obtain from magnetic composite composed by SrM type hexaferrite and polyester with a composition of 50 : 50 % volume.

Key words : Hexaferrite composite magnet, Mechanical properties, 3-APE, BH_{max}

PENDAHULUAN

Seiring penggunaan magnet komposit yang semakin meningkat untuk berbagai jenis keperluan baik dalam industri maupun peralatan rumah tangga maka perlu adanya pengembangan bahan magnet komposit yang memiliki sifat sesuai dengan kebutuhan.

Pengembangan bahan magnet komposit yang menggunakan matrikss polimer dapat mengikuti perkembangan kebutuhan akan bahan magnet komposit tersebut karena dengan adanya matriks polimer menjadikan bahan magnet komposit tersebut mudah dibentuk.

Aneka ragam jenis polimer yang dapat dikembangkan sebagai matriks pada bahan magnet komposit tentunya tergantung pada tujuan dan sasaran yang akan dicapai seperti bentuk dan sifat mekanik [1-3].

Dua jenis matrikss polimer yaitu poliester dan epoksi yang digunakan pada penelitian ini memiliki sifat berlainan. Polimer jenis poliester memiliki sifat yang lentur sehingga diharapkan hasil magnet kompositnya mempunyai sifat yang elastis sehingga akan mudah pada aplikasi bahan magnet komposit tersebut. Sedangkan polimer jenis epoksi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan termal yang lebih baik dibandingkan polimer jenis poliester [4-6].

Dasar penggunaan matriks magnet komposit dari dua jenis polimer yang berbeda bertujuan untuk memenuhi perkembangan kebutuhan magnet komposit disesuaikan dengan sifat yang dimiliki oleh kedua matriks polimer tersebut.

Matriks polimer baik poliester maupun epoksi sulit bereaksi dengan bahan magnet. Kedua fasa yaitu bahan matriks dan bahan magnet hanya dapat membentuk campuran yang berbentuk *immicible blend*. Agar kedua fasa dapat saling berikatan maka diperlukan penambahan *coupling agent* yaitu suatu substansi kimia yang dapat bereaksi diantara kedua bahan sehingga berfungsi menjembatani antara sebuk magnet dengan poliester atau epoksi untuk membentuk suatu ikatan yang kuat pada antar permukaan kedua bahan tersebut [6-9].

Pembuatan magnet komposit dilakukan dengan cara polimer matrikss komposit jenis poliester atau epoksi dicampurkan dengan serbuk bahan magnet heksaferit dalam berbagai jenis komposisi yang divariasi menggunakan fraksi volume tertentu.

Karakterisasi sifat mekanik yang dilakukan terhadap bahan magnet komposit tersebut diantaranya adalah pengujian kekerasan, kekuatan tarik karakterisasi termal dan strukturmikro pada permukaan bahan magnet komposit [10-12].

METODE PERCOBAAN

Magnet komposit dibuat dengan cara mencampurkan serbuk heksaferit ($BaO.6Fe_2O_3$ dan $SrO\ 6Fe_2O_3$) dengan 10 mL *coupling agent* 3-*APE* (3- *Amino propyltri ethoxysilane*) kemudian dikeringkan. Setelah kering bahan magnet komposit tersebut dicampur dengan matriks poliester atau epoksi menggunakan perbandingan antara bahan magnet dengan matrikssnya adalah 60 : 40, 50 : 50 dan 40 : 60 persen volume. Campuran tersebut diaduk hingga merata. Hasil campuran kemudian dibuat bentuk lembaran dengan cara ditekan menggunakan alat *hot press* pada suhu 70 ^oC dilanjutkan dengan penekanan menggunakan *cold press.*

Hasil komposit magnet tersebut selanjutnya dilakukan karakterisasi yaitu pengujian kekerasan, pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*), karakterisasi termal menggunakan *STA* (*Simultaneous Thermal Analyzer*) dan strukturmikro pada permukaan bahan komposit magnet menggunakan *SEM* (*Scanning Electron Microscope*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan bahan magnet komposit dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya bentuk geometri, distribusi serbuk magnet, interaksi permukaan bahan magnet dengan matriks polimer atau *interfacial bond* serta perbandingan komponen dalam bahan kompositnya.

Perbandingan jumlah matriks dengan bahan magnet pada pembuatan magnet komposit berbasis poliester dan epoksi akan berpengaruh pada sifat mekanik dari magnet komposit

Hasil pengujian sifat mekanik dari bahan magnet komposit yang meliputi uji *tensile strength* dan uji kekerasannya seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan jumlah bahan magnet yang semakin besar menunjukkan adanya kecenderungan penurunan *tensile strength*. Hal tersebut dapat terlihat jelas pada penambahan jumlah bahan magnet dengan perbandingan melebihi 50% . Hasil perbandingan optimum rata rata yang dicapai bahan magnet baik SrM maupun BaM dengan matriks polimer Poliester atau Epoksi adalah 50 : 50% volume

Dari hasil uji kekerasan seperti yang terlihat pada Tabel 2. tampak bahwa dengan perbandingan jumlah bahan magnet yang semakin meningkat mengakibatkan

Tabel 1. Hasil uji *tensile strength* bahan magnet komposit.

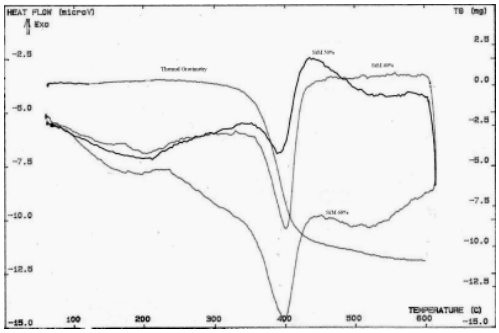
Jenis Bahan Magnet	Jumlah bahan magnet (%)	Matriks POLIESTER		Matrik EPOKSI	
		Jumlah Poliester (%)	Tensile Strength Rata-rata (Kg/cm^2)	Jumlah Epoksi %	Tensile Strength Rata-rata (Kg/cm^2)
$SrO\ 6Fe_2O_3$ (SrM)	40	60	35,53	60	32,76
	50	50	34,45	50	34,68
	60	40	24,64	40	28,43
$BaO.6Fe_2O_3$ (BaM)	40	60	27,62	60	27,84
	50	50	29,42	50	28,06
	60	40	24,69	40	26,61

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 162 - 166
ISSN : 1411-1098

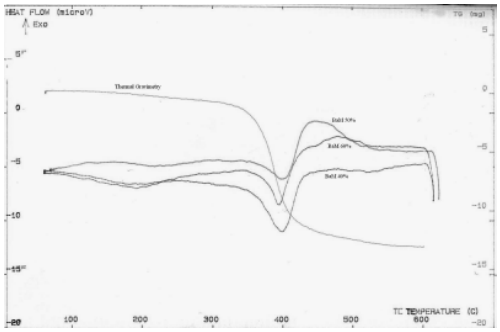
Tabel 2. Hasil uji kekerasan bahan magnet komposit

Jenis Bahan Magnet	Jumlah bahan magnet (%)	Matriks POLIESTER		Matrik EPOKSI	
		Jumlah Poliester (%)	Shore A (VHN)	Jumlah Epoksi %	Shore A (VHN)
SrO $6Fe_2O_3$ (SrM)	40	60	91,18	60	93,41
	50	50	96,65	50	95,37
	60	40	96,21	40	96,52
$BaO.6Fe_2O_3$ (BaM)	40	60	89,23	60	92,67
	50	50	96,36	50	97,22
	60	40	96,17	40	96,34

adanya kecenderungan peningkatan nilai kekerasannya. asil uji kekerasan tertinggi ditunjukkan oleh perbandingan 50% BaM dengan 50% epoksi dengan nilai kekerasan *Shore A* adalah 97,22 VHN (*Vikers Hardness Number*)



Gambar 1. Kurva termal SrM + Poliester



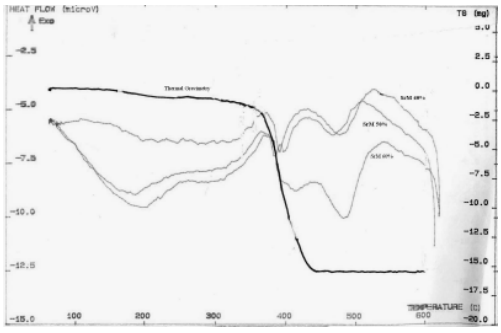
Gambar 2. Kurva termal BaM + Poliester

Karakterisasi termal magnet komposit bertujuan untuk mengetahui ketahanan termal dari matriks komposit yaitu poliester dan epoksi. Uji termal dilakukan sampai pada suhu 600 °C dikarenakan pada suhu tersebut matriks komposit telah terdegradasi sedangkan bahan magnetnya masih tetap.

Hasil pengujian termal terhadap magnet komposit dengan bahan magnet SrM dan BaM menggunakan matriks poliester untuk berbagai komposisi perbandingan dapat dilihat pada Gambar 1 (Kurva Termal SrM + Poliester) dan Gambar 2. (Kurva Termal BaM + Poliester). Pada Gambar 1 dan Gambar 2. tersebut ditunjukkan bahwa matriks magnet komposit yaitu mulai terjadi pelelehan berkisar pada suhu 100 °C dan puncaknya terjadi pada suhu 200 °C. Mulai terdegradasi berkisar pada suhu 380 °C disertai dengan pengurangan berat seperti yang terlihat pada Gambar termal gravimetri dalam Gambar 1 dan Gambar 2 sedangkan puncak degradasi terjadi pada suhu 400 °C.

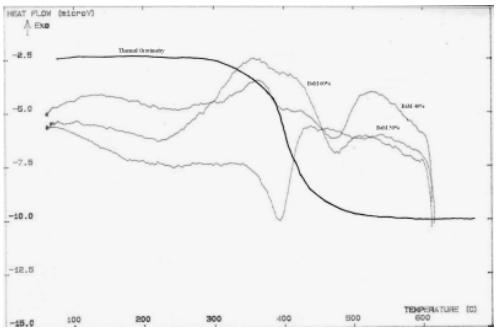
Jumlah perbandingan antara matriks polimer dengan bahan magnet tidak mempengaruhi pada suhu pelelehan dan suhu degradasi dari polimer matriks.

Untuk magnet komposit yang menggunakan matriks polimernya jenis epoksi relatif lebih tahan terhadap termal dibandingkan dengan matriks polimer jenis poliester jika dilihat dari suhu degradasinya. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 (kurva termal SrM + epoksi) dan Gambar 4 (kurva termal BaM + epoksi) degradasi magnet komposit yang menggunakan matriks epoksi mulai terjadi pada suhu berkisar 395 °C yang disertai dengan penurunan berat pada gambar termal gravimetri dalam Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Kurva Termal SrM + Epoksi

Pada uji sifat kemagnetan seperti yang terlihat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kedua serbuk baik SrM maupun BaM dapat digolongkan kedalam magnet yang memiliki sifat kemagnetan keras. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai koersivitas magnet (Hc) diatas 200. Jika dilihat nilai remanensi dari keempat bahan komposit magnet pada Tabel.3. nilai terendah dicapai komposit SrM dengan Epoksi. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kontribusi yang kurang merata dari bahan magnet tersebut.Tinggi rendahnya remanensi berkaitan dengan BHmax sehingga hasil yang diperoleh untuk komposit SrM dan Epoksi dengan perbandingan masing masing 50 % memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan



Gambar 4. Kurva Termal BaM + Epoksi

komposit lainnya pada tabel tersebut diatas dan memiliki kekuatan medan magnet yang tidak terlalu besar.

Tabel 3. Induksi Remanensi (Br), Koersivitas (Hc) dan Produk Energi (BH_{max})

Sampel	Br (*gauss*)	Hc (Oe)	BH_{max} (MG Oe)
SrM + Poliester (50% : 50%)	1072,56	992	0,27682
SrM + Epoksi (50% : 50%)	765,24	678,2	0,16503
BaM + Poliester (50% : 50%)	1054,67	942,5	0,25783
BaM + Epoksi (50% : 50%)	1023,61	894,4	0,22564

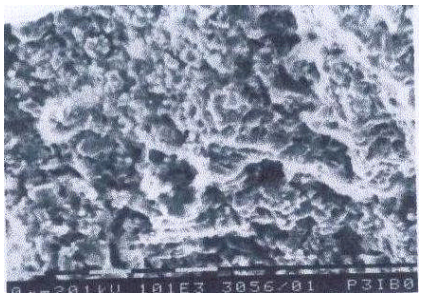
Strukturmikro dari magnet komposit SrM dengan matriks polimer Epoksi dan Poliester yang diamati menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 5. dan Gambar 6. Hasil yang diperoleh pada Gambar 5. hampir seluruh serbuk bahan magnet SrM tertutup oleh matrikss epoksi jarak antar butiran serbuk magnet tidak tampak. Jika dibandingkan magnet komposit yang menggunakan bahan magnet SrM dengan matrikss poliester seperti yang terlihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa dengan perbesaran yang sama hasilnya menunjukkan bahwa jarak butirannya masih terlihat. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh sifat dari masing masing matriks polimernya.



Gambar 5. Hasil pengukuran SrM 50%+Epoksi 50% dengan *SEM*

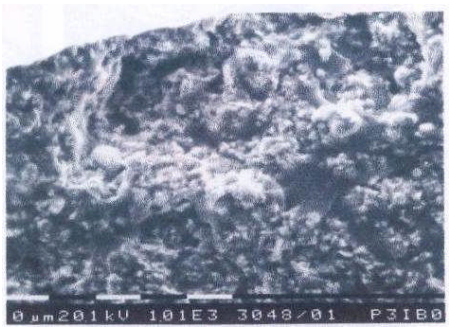
Pada magnet komposit yang menggunakan bahan megnet serbuk BaM dengan matriks polimer jenis Epoksi atau Poliester hasilnya ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Hasil pada Gambar 3 menunjukkan jarak antar butiran nampak terlihat jelas hal tersebut memperlihatkan kekompakan butiran serbuk magnet lebih merata. Secara keseluruhan dari hasil tersebut kompatibilitasnya masih



Gambar 6. Hasil pengukuran SrM 50% + Poliester 50% dengan *SEM*

kurang karena terlihat adanya rongga atau alur celah yang melintang dimana hal tersebut dapat mengakibatkan mudah retak pada penggunaan magnet komposit tersebut.



Gambar 7. Hasil pengukuran *SEM* pada BaM 50%+Epoksi 50%



Gambar 8. Hasil pengukuran *SEM* pada BaM 50%+ Poliester 50%

Jika hasil magnet komposit pada Gambar 7 dibandingkan dengan magnet komposit Gambar 8, maka bahan magnet dengan matriks poliester memiliki kompatibilitas yang lebih baik dibandingkan matriks epoksi. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 8. bahwa distribusi serbuk magnet dan kontur permukaan yang dihasilkan oleh matriks poliester lebih merata.

KESIMPULAN

Hasil uji *tensile strength* dan kekerasan dapat diperoleh bahwa perbandingan optimum rata rata yang dicapai bahan magnet baik SrM maupun BaM dengan matriks polimer Poliester atau Epoksi adalah 50 : 50 persen dengan suhu degradasi untuk poliester 380 ^{o}C dan epoksi 395 ^{o}C. BH_{max} terbesar yaitu 0,27682 MGOe .

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 162 - 166
ISSN : 1411-1098

DAFTAR ACUAN

[1] ALOMA KK, SUHARPIYU, MAYA FEBRI, SUDIRMAN : *Aplikasi Resin Poliester dan Epoksi Dalam Pengembangan Rigid Bonded Magnet*, Puslitbang Iptek Bahan-BATAN, Serpong (2002)

[2] WOHFART EP., *Ferromagnetic Material*, North Holland Publisher Company, **3** (1982)

[3] GRIFFTH J., *Introduction of Electromagnetisme (Magnetostatic Fields In Matter)*, Prencetice Hall, (1980)

[4] Mc GRAW HILL, *Modern Palstic Encyclopedia Handbook*, USA , (1994)

[5] FRANTA I, *Elastomer And Rubber Compounding Material*, Studies in Polymer Science, Elsevier Publiser, (1995)

[6] SMITH,F.W., *Priciple of Material Science And Engineering Materials*, Edisi II, (1997)

[7] PETER C. GUSCHL, HYUN SEOG KIM, JOSHUA U. OTAI GAMBARE, *Journal of Applied Polymer Science*, **83** (5) 1091-102

[8] DAI SOO LEE, CHANG DAE HAN, *Journal of Applied Polymer Science*, **33** (2) 419-429

[9] L.A. DOBRZANSKI and M. DRAK, *Journal of Materials Processing Technology*, **175** (1-3) (2006) 149-156

[10] PANAGOITIS DALLAS et all, *Journal Nanotechnology*, **17** 2046-2053

[11] RINA TANNENBAUM, CINDY L. FLENNIKEN, EUGENE P. GOLDBERG, *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, **28** (12) 2421-2433

[12] EWA SOWKA et all. Processing and Properties Of Composite Magnetic Powder Containning Co Nano Particles In Polymeric Matrix, *On-line Journal of E-MRS Fall Meeting*, Symposium B, (2005)