

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK, KEKERASAN DAN KEMAGNETAN PADA MAGNET KOMPOSIT HEKSAFERIT SrM DENGAN POLIMER TERMOSET

Sudirman, Ridwan, Mujamilah, Aloma Karo Karo dan Rukihati

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK, KEKERASAN DAN KEMAGNETAN PADA MEGNET KOMPOSIT HEKSAFERIT SrM DENGAN POLIMER TERMOSET. Telah dilakukan sintesis dan penyifatan sifat mekanik, kekerasan dan kemagnetan dari magnet komposit berbasis heksaferit SrM ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) dengan polimer termosot epoksi dan membandingkannya dengan magnet komposit berbasis heksaferit SrM ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) dengan polimer termosot poliester. Magnet komposit merupakan magnet yang dibuat dari bahan magnetik dengan bahan non magnetik, seperti polimer. Penelitian ini dititik beratkan pada pembuatan dan karakterisasi magnet heksaferit yang berbasis epoksi atau poliester yang komposisinya divariasikan untuk menentukan mana yang paling bagus. Sifat-sifat magnet komposit yang diuji adalah sifat mekanik, fisik dan magnetik serta hubungannya dengan perubahan fraksi volume antara matriks dengan *fillernya*. Pembuatan magnet komposit dilakukan dengan cara mencampur serbuk heksaferit SrM dengan polimer termosot poliester atau epoksi menurut fraksi volume sebesar 30 %v/v, 40 %v/v, 50 %v/v dan 60 %v/v. Selanjutnya dilakukan karakterisasi meliputi sifat mekanik, kekerasan dan kemagnetan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan kekerasan bahan magnet komposit mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kandungan serbuk magnet SrM. Sebaliknya harga densitas akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya kandungan serbuk magnet SrM didalam magnet komposit. Polimer termosot epoksi sebagai matriks pada bahan magnet komposit dengan fungsi sebagai binder lebih baik dibandingkan dengan poliester untuk berbagai harga komposisi serbuk magnet. Sifat kemagnetan dari magnet komposit berbasis heksaferit SrM untuk matriks polimer termosot epoksi lebih baik daripada poliester.

Kata kunci : Magnet komposit, heksaferit, poliester, epoksi

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MECHANICAL PROPERTIES, HARDNESS AND MAGNETIC PROPERTIES OF HEXAFERRITE SrM COMPOSITE MAGNET WITH THERMOSET POLYMERS. Synthesis and characterization of mechanical properties, hardness and magnetic properties of hexaferrite SrM ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) based composite magnet with epoxy thermoset polymer have been done, and was compared to polyester thermoset polymer. Composite magnet is magnet synthesized from magnetic materials with non magnetic materials, such as polymer. This work was emphasized on synthesis and characterization of the materials mentioned by varying the composition to determine which one is the best. The characterization was carried out to the properties mentioned in relation with varying volume fraction between matrix and its filler. The synthesis of composite magnet was carried out by mixing hexaferrite SrM powder with polyester or epoxy thermoset polymer in fraction volume of 30 %v/v, 40 %v/v, 50 %v/v and 60 %v/v. The Characterization was carried out to mechanical properties, hardness and magnetic properties. The result showed that tensile strength and hardness of the composite magnet was decreased by increasing content of SrM magnetic powder. In contray, the density was increased by increasing content of SrM magnetic powder within composite magnet. Epoxy thermoset polymer as matrix on composite magnet materials, acted as binder, is better compare to polyester, in varying composition of magnetic powder. The magnetic properties of hexaferrite SrM composite magnet for matrix of epoxy thermoset polymer is better compare to polyester.

Key words : Composite magnet , hexaferrite, polyester, epoxy

PENDAHULUAN

Di Indonesia banyak kita temui penggunaan magnet untuk berbagai macam keperluan, baik dalam industri besar maupun industri rumah tangga. Namun sayangnya magnet tidak dapat langsung ditemukan di sekitar kita dan digunakan, melainkan harus diolah terlebih dahulu. Untuk memenuhi kebutuhan akan bahan magnet tersebut diatas maka dilakukan dengan

mengimpor bahan magnet dari luar negeri. Menurut Biro Pusat Statistik (BPS), pemakaian magnet di bidang industri sekitar 80% mengimpor dari luar negeri. [1,2]. Oleh sebab itu perlu dilakukan dan dikembangkan penelitian yang bertujuan agar didapatkan magnet yang memenuhi sifat-sifat yang dikehendaki dan inovatif sehingga dapat dengan mudah ditemukan di pasaran.

Pembuatan magnet dari bahan campuran dalam bentuk magnet komposit, merupakan jalan keluar yang paling baik dan banyak dikembangkan dewasa ini di Indonesia.

Perkembangan produksi magnet komposit berbasis heksaferit lebih baik dibandingkan dengan magnet komposit lain. Di negara Cina, nilai penjualan magnet komposit ferit lebih tinggi dari pada magnet komposit NdFeB, yaitu 52 juta USD untuk magnet komposit ferit dibandingkan magnet komposit NdFeB yang hanya sebesar 13,5 juta USD, pada tahun 1998. Begitu juga bila dibandingkan dengan *sintered ferrite* yang harga rata-rata penjualan sebesar 2,4 \$/kg sedangkan magnet komposit ferit mempunyai harga yang lebih tinggi sebesar 6,5 \$/kg. Oleh sebab itu magnet komposit ferit memberikan harapan yang baik dan nilai tambah yang lebih tinggi dibandingkan dengan *sintered ferrite* [3].

Penelitian magnet komposit dalam pembuatan dan karakterisasi bahan magnet komposit berbasis heksaferit dengan berbagai polimer termoplastik telah dilakukan, seperti polimer karet alam [4], polipropilen [5,6], polietilen [7], Etil Vinil Asetat dan Elastomer Termoplastik [8]. Oleh sebab itu perlu dikembangkan pembuatan magnet komposit berbasis heksaferit dengan polimer termoset, seperti poliester, epoksi dan vinil ester.

Dalam pembuatan magnet komposit dengan polimer termoplastik dilakukan cara memanaskan polimer termoplastik sampai terjadi *swelling* yang diikuti dengan masuknya serbuk heksaferit didalamnya, artinya polimer termoplastik bersifat *binder* dari bahan magnet komposit yang disintesis. Semakin besar kandungan serbuk magnet di dalam bahan magnet komposit maka sifat magnet semakin besar tetapi komposisi serbuk magnet dibatasi dengan kemampuan polimer termoplastik sebagai *binder* [9,10]. Bila digunakan polimer termoset (resin cair) maka interaksi berlangsung bersama-sama antara polimer termoset dalam keadaan cairan dengan serbuk heksaferit sampai terjadi proses pengerasan polimer (terjadi reaksi polimerisasi) akibat adanya *hardener* (inisiator). Oleh sebab itu fraksi volume serbuk heksaferit yang terikat didalam magnet komposit seharusnya lebih besar bila digunakan *binder* polimer termoset dibandingkan dengan polimer termoplastik.

Pada penelitian ini digunakan bahan serbuk magnet berupa SrM ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) dengan matriks polimer termoset yaitu epoksi dan poliester. Serbuk magnet heksaferit dicampur dengan poliester dan atau epoksi dengan komposisi serbuk heksaferit 30%, 40%, 50% dan 60% (fraksi volume).

METODE PERCOBAAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa serbuk magnet heksaferit ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) dan polimer jenis poliester dan epoksi, selanjutnya serbuk

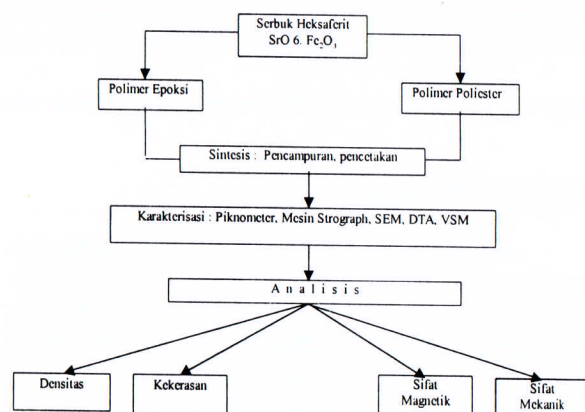
magnet heksaferit dicampur dengan poliester dan epoksi masing-masing dengan komposisi serbuk heksaferit 30%, 40%, 50% dan 60% (fraksi volume). Serbuk magnet heksaferit SrM berasal dari PT. Sugma Utama dan Karakteristik sifat mekanik meliputi : Sifat Mekanik (Kekuatan tarik dan perpanjangan putus). Sifat kekerasan bahan komposit diuji dengan *Shore A*. Srukturmikro pada permukaan bahan komposit diamati dengan menggunakan alat SEM (*Scanning Elektron Microscope*). Dan sifat kemagnetannya diamati dengan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*).

Cara Kerja

Uji kekuatan tarik, dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik dengan standar ASTM 412. Sebelum dilakukan pengujian terhadap benda uji, terlebih dahulu dibuat *dumb bell*, dengan bentuk dan ukuran sesuai standar ASTM D1822. Benda tersebut kemudian dipasang dalam mesin uji tarik dan ditarik sampai putus dengan kecepatan tarik (*cross head speed*) = 50 mm/menit dan kecepatan pada kertas grafik (*chart speed*) = 20 mm/menit. Kemudian pencatatan dilakukan berdasarkan keterangan yang akan tercantum dalam grafik. Percobaan ini dilakukan di laboratorium Proses Industri P3TIR-BATAN.

Uji kekerasan, dilakukan dengan menggunakan metoda *Shore A* (durometer) merk Zwick sesuai dengan standar DIN 53505 dan ISO R868, dengan pembebanan 1 kg. Pengujian dilakukan dengan penempatan indenter pada permukaan benda uji, kemudian diberikan beban 1 kg. Setelah itu jarum penunjuk pada alat akan bergerak untuk menunjukkan nilai kekerasan benda uji. Pencatatan dilakukan jika jarum penunjuk telah stabil. Percobaan ini dilakukan pada laboratorium Proses Industri, P3TIR-BATAN.

Pengujian sifat kemagnetan dari benda uji dilakukan dengan menggunakan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) tipe Oxford VSM 1,2H di laboratorium BBM-P3IB, BATAN Serpong. Prinsip pengujian ini dilakukan dengan memakai metoda induksi, dimana magnetisasi diukur dari sinyal yang



Gambar 1. Diagram alir penelitian

ditimbulkan atau diinduksikan oleh cuplikan yang bergetar dalam lingkungan medan magnet pada sepasang kumparan, yang akan terbaca melalui kurva histeresisnya.

Tahapan metode yang dilakukan digambarkan seperti diagram alir penelitian pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Densitas

Pengukuran densitas bahan serbuk heksaferit $SrO_6Fe_2O_3$ (SrM), Poliester, Epoksi dan bahan magnet komposit digunakan piknometer. Piknometer yang kosong diisi aquades hingga penuh (tidak ada lagi gelembung udara didalam piknometer tersebut), lalu ditimbang beratnya dan dicatat, sehingga akan diketahui densitas aquades. Setelah itu sampel dalam jumlah sedikit ditimbang dan dicatat berapa beratnya. Piknometer beserta air didalamnya ditambahkan sampel yang telah diketahui beratnya kemudian ditimbang dan dicatat. Dari hal tersebut diatas maka diperoleh densitas bahan magnet komposit. Pengukuran densitas dengan piknometer dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan. Hasil pengukuran densitas ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut :

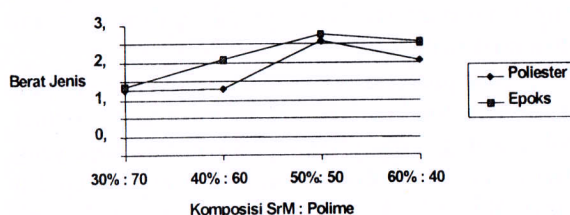
Tabel 1. Densitas (p) berbagai bahan yang dipakai

| Bahan | Densitas (p) (g/mL) |
|------------------|------------------------|
| Heksaferit (SrM) | 5,2 |
| Poliester | 1,4 |
| Epoksi | 1,5 |

Tabel 2. Densitas (p) magnet komposit dengan berbagai komposisi

| No. | Komposisi SrM terhadap polimer | Jenis Matriks Komposit | |
|-----|--------------------------------|------------------------|-----------|
| | | Epoksi | Poliester |
| 1. | 30 | 1,87 | 1,77 |
| 2. | 40 | 2,58 | 1,79 |
| 3. | 50 | 3,26 | 3,07 |
| 4. | 60 | 3,06 | 2,56 |

Bila dari Tabel 2 dibuatkan grafik antara densitas terhadap komposisi SrM dalam magnet komposit, maka diperoleh Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara densitas dengan magnet komposit berbasis heksaferit berbagai kandungan polimer.

Dari Gambar 2 tersebut di atas memperlihatkan bahwa kedua magnet komposit dengan matriks polimer berupa epoksi dan atau poliester mengalami kenaikan densitas dengan bertambahnya kandungan SrM didalam magnet komposit. Hal ini berlaku sampai kandungan SrM sampai dengan 50 %berat, selanjutnya densitas magnet komposit akan mengalami penurunan untuk kandungan SrM sebesar 60 %berat. Kandungan SrM di dalam magnet komposit bertambah maka densitas magnet komposit yang terbentuk juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan untuk kandungan 60 %berat SrM menunjukkan penurunan dikarenakan serbuk SrM tidak terikat secara baik oleh polimer, artinya kompatibilitas antara serbuk dengan polimer sebagai binder tidak optimal lagi sehingga magnet komposit yang terbentuk kurang homogen. Bahkan ketika dicoba untuk membuat magnet komposit dengan kandungan serbuk SrM sebesar 70 %berat, tidak diperoleh lagi magnet komposit.

Untuk kandungan SrM yang sama pada magnet komposit yang terbentuk dengan matriks polimer yang berbeda, diperoleh bahwa polimer epoksi lebih besar dibandingkan matriks polimer poliester (lihat Gambar 2). Dari data tersebut menunjukkan bahwa kompatibilitas antara epoksi terhadap serbuk SrM lebih baik dibandingkan dengan poliester terhadap serbuk SrM yang sama. Hal ini juga dapat diartikan bahwa kekuatan binder epoksi lebih baik dibandingkan dengan poliester.

Analisis Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan Shore A. Uji kekerasan Shore A dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan secara makro. Uji ini menggunakan indenter berupa jarum/kerucut kecil digerakkan oleh pegas yang telah dikalibrasi. Nilai Shore A menunjukkan jarak/kedalaman penetrasi yang dikenai indenter pada permukaan bahan uji dan nilai ini juga dapat mengukur kompresi pegas oleh beban. Hasil pengukuran kekerasan dengan Shore A ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut :

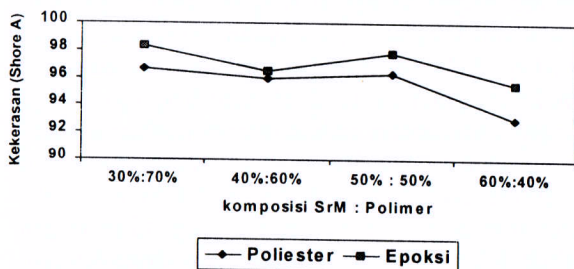
Tabel 3. Kekerasan magnet komposit dengan berbagai komposisi

| No. | Komposisi SrM terhadap polimer | Jenis Matriks Komposit | |
|-----|--------------------------------|------------------------|-----------|
| | | Epoksi | Poliester |
| 1. | 30 | 98,3 | 96,7 |
| 2. | 40 | 96,5 | 96,0 |
| 3. | 50 | 97,8 | 96,3 |
| 4. | 60 | 95,5 | 93,0 |

Bila diplot antara kekerasan dengan komposisi SrM didalam magnet komposit akan diperoleh seperti Gambar 3.

Kekerasan akan bertambah nilainya dengan kenaikan kandungan serbuk SrM di dalam magnet

komposit, tetapi data-data kekerasan yang diperlihatkan oleh Gambar 3 tidak beraturan kenaikan harga kekerasan magnet komposit yang terbentuk. Hal ini disebabkan magnet komposit yang terbentuk tidak homogen di dalam pembuatannya sehingga bagian bahan magnet komposit yang terkena jarum *indenter* tidak sama sehingga akan diperoleh harga kekerasan yang berbeda satu bagian dengan bagian lainnya pada bahan magnet komposit yang sama.



Gambar 3. Hubungan kekerasan dengan magnet komposit berbasis heksaferit berbagai kandungan polimer.

Bila kedua matriks polimer yang digunakan dibandingkan maka daya perekat polimer epoksi lebih baik dibandingkan dengan polimer poliester sehingga kekerasan magnet komposit dengan matriks epoksi lebih baik dibandingkan dengan matriks poliester untuk kandungan SrM yang sama.

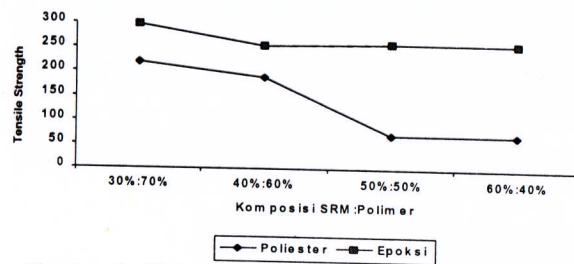
Analisis Sifat Mekanik

Dari hasil pengukuran sifat mekanik yang meliputi *yield strength* (kekutan luluh), *tensile strength* (kekutan tarik) dan *elongation at break* (perpanjangan putus). Secara umum polimer termoset hanya akan diperoleh kekuatan tarik sedangkan kekuatan luluh dan perpanjangan putus tidak diperoleh. Hal ini dikarenakan polimer epoksi dan poliester termasuk polimer termoset, dimana pada proses pengerasannya terjadi ikatan silang antara satu rantai molekul dengan rantai molekul polimer lainnya sehingga magnet komposit yang terbentuk bersifat keras dan getas sehingga tidak akan ditemukan kekuatan luluh dan perpanjangan putus dari hasil pengujian sifat mekaniknya. Hasil pengujian sifat mekanik yang diperoleh ditunjukkan dalam Tabel 4.

Dari data Tabel 4 tersebut diatas, bila dibuat grafik antara kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap komposisi magnet komposit, maka akan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan Gambar 4.

Tabel 4. Kekuatan Tarik magnet komposit dengan berbagai komposisi.

| No. | Komposisi SrM terhadap polimer | Jenis Matriks Komposit | |
|-----|--------------------------------|------------------------|-----------|
| | | Epoksi | Poliester |
| 1. | 30 | 297,2 | 219,4 |
| 2. | 40 | 260,6 | 189,9 |
| 3. | 50 | 260,0 | 70,7 |
| 4. | 60 | 254,0 | 69,7 |



Gambar 4. Hubungan *Tensile Strength* dengan magnet komposit berbasis heksaferit berbagai kandungan polimer.

Kekuatan bahan komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti komposisi serbuk magnet SrM di dalam matriks polimer, bentuk dan distribusi serbuk magnet, interaksi/ikatan bidang antar muka serbuk magnet SrM dengan matriks polimer, dan kompatibilitas serta sifat *binder* matriks polimer.

Dari Tabel 4 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik magnet komposit bermatriks poliester diperoleh harga maksimum pada komposisi serbuk magnet SrM sebesar 30 %volume. Artinya peningkatan kandungan serbuk magnet SrM di dalam magnet komposit akan mengakibatkan penurunan harga kekuatan tarik dari magnet komposit yang terbentuk. Harga kekuatan tarik magnet komposit yang paling tinggi dicapai oleh komposit bermatriks poliester 70 %v/v sebesar 219,28 kg/cm² diikuti 60 %v/v, 50 %v/v dan komposisi 40%v/v yang terkecil sebesar 69,73 kg/cm². Sementara itu harga kekuatan tarik untuk poliester murni sebesar 45 kg/cm² sampai dengan 85 kg/cm², artinya pada proses pembuatan magnet komposit terjadi reaksi antara serbuk magnet SrM dengan matriks poliester sehingga harga magnet kompositnya lebih besar harganya dibandingkan matriks polimer murni. Disamping itu juga dikarenakan beban yang diterima tidak langsung dikenakan pada *filler* (serbuk SrM), melainkan dibagi secara merata melalui bidang antar muka (*interface*). Bidang antar muka ini berfungsi untuk mentransmisikan beban dari matriks ke *filler* yang memberikan kontribusi terbesar pada kekuatan bahan komposit.

Hal yang sama juga terjadi pada magnet komposit dengan matriks polimer epoksi, dimana harga kekuatan tarik magnet komposit akan turun dengan meningkatnya kandungan serbuk magnet SrM. Tetapi harga penurunan kekuatannya tidak terlalu besar seperti magnet komposit bermatriks polimer poliester, hal ini dikarenakan ikatan antar bidang antara serbuk dengan polimer lebih besar pada polimer epoksi dibandingkan poliester.

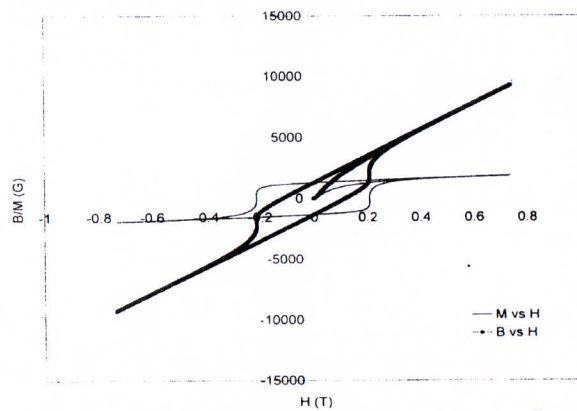
Pada proses pembuatan magnet komposit telah terjadi ikatan antar serbuk SrM dengan matriks polimer epoksi sehingga diperoleh harga kekuatan tarik yang lebih besar bila dibandingkan kekuatan tarik epoksi murni sebesar 35 kg/cm² sampai dengan 90 kg/cm². Disamping itu proses transfer beban dari matriks ke serbuk membutuhkan luas permukaan bidang

antar-muka yang besar antara serbuk dengan matriks. Bentuk partikel-partikel serbuk juga sangat bermanfaat ditinjau dari interaksinya dengan bahan pengikat atau matriks. Dengan semakin banyaknya bidang antar-muka yang terjadi antara serbuk dan matriks, maka bahan komposit akan mampu mendistribusikan transfer beban lebih baik.

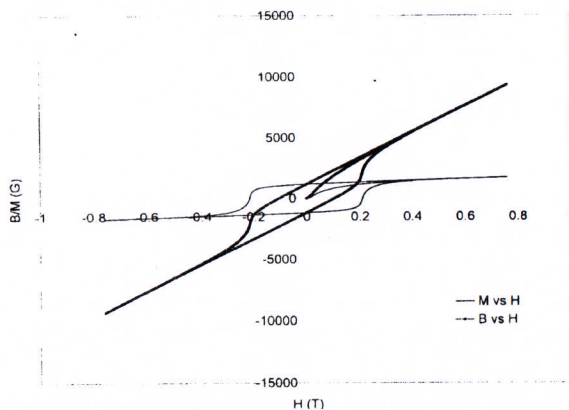
Sedangkan terjadinya penurunan kekuatan bahan komposit disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serbuk yang lemah, sehingga beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer yang baik pada serbuk yang pada akhirnya membuat bahan komposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan. Semakin banyak serbuk yang ditambahkan pada bahan komposit, maka kemampuan menahan beban akan semakin berkurang, yang pada akhirnya mengakibatkan kekuatan bahan semakin turun, sebaliknya bila interaksi antara matriks dengan serbuk kuat, maka beban yang dikenakan pada matriks dapat terjadi transfer dengan baik pada serbuk, sehingga membuat bahan komposit menjadi kuat terhadap pembebanan.

Analisis Sifat Kemagnetan

Hasil pengukuran VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) dilakukan pada magnet komposit dengan komposisi serbuk magnet sebesar 50 %v/v baik



Gambar 5. Kurva histeresis magnet komposit antara poliester dengan 50 %v/v serbuk magnet SrM.



Gambar 6. Kurva histeresis magnet komposit antara poliester dengan 50 %v/v serbuk magnet SrM.

untuk poliester maupun epoksi dan diperoleh hasil seperti diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Hc menyatakan besar medan magnet balik yang dibutuhkan guna menghilangkan kemagnetan suatu bahan sedangkan besarnya Br (G) menyatakan nilai remanensi magnet yaitu kemagnetan yang tersisa di dalam bahan setelah pengaruh medan magnet luar ditiadakan. Keduanya ditunjukkan pada daerah kuadran kedua dari kurva histeresis hasil pengukuran dengan VSM. Untuk produk energi (BH_{maks}) diperoleh dari hasil perkalian antara B dengan H.

Adapun hasil pengukuran sifat magnet dari magnet komposit pada komposisi 50 %v/v serbuk magnet dengan poliester maupun epoksi ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Sifat magnetik magnet komposit berbasis heksaferit SrM dengan polimer poliester dan epoksi dengan komposisi 50 %v/v.

| No | 50 %v/v SrM dengan Polimer Termoset | Br (G) | Hc (Oe) | BH_{maks} (MGoe) |
|----|-------------------------------------|--------|---------|--------------------|
| 1. | Poliester | 1160 | 0,102 | 0,311 |
| 2. | Epoksi | 1308 | 0,115 | 0,39 |

Dari hasil analisis kurva histeresis kedua bahan magnet komposit diperoleh bahwa sifat magnet komposit berbasis epoksi lebih baik dibandingkan dengan magnet komposit berbasis poliester (lihat Tabel 5). Dari pembahasan sebelumnya didapatkan bahwa kerapatan polimer termoset epoksi lebih besar dibandingkan dengan polimer termoset poliester. Oleh sebab itu akibat kerapatan yang besar maka jarak antar serbuk magnet di dalam magnet kompositnya juga akan lebih dekat sehingga sifat magnetiknya juga akan semakin besar.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan sintesis dan penyifatan magnet komposit heksaferit yang berbasis matriks poliester dan epoksi maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum, kekuatan tarik dan kekerasan bahan magnet komposit mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kandungan serbuk magnet SrM. Sebaliknya harga densitas akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya kandungan serbuk magnet SrM di dalam magnet komposit.
2. Polimer termoset epoksi sebagai matriks pada bahan magnet komposit dengan fungsi sebagai binder lebih baik dibandingkan dengan poliester untuk berbagai harga komposisi serbuk magnet.
3. Sifat kemagnetan dari magnet komposit berbasis heksaferit SrM untuk matriks polimer termoset epoksi lebih baik daripada poliester.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ZBIGNIEW D. JASTRZEBSKI, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, Edisi II, (1977) 336-339
- [2]. BPS, Jakarta (1997).
- [3]. MIYAHARA, *Ferrite Permanent Magnet Industry for Card & Tape Application*, Dai Nihon Inki Chemical Company, 2nd International Symposium on Magnetic Industry, China, (1999) 67-73
- [4]. SUDIRMAN, RIDWAN, M. IHSAN dan ALOMA KARO KARO, *Prosiding Seminar Nasional Elektrokimia*, Serpong, (2001) 88-96
- [5]. HANI JULAIHA, SUDIRMAN, RIDWAN dan MUJAMILAH, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 4(2) (2003) 26-29
- [6]. INDRA GUNAWAN, SUDIRMAN, ALOMA K.K., EVI HERTINVYANA, SUGIK S., dan ARI HANDAYANI, *Jurnal Mikroskopi Dan Mikroanalisis*, 5(2) (2002)
- [7]. SUDIRMAN, RIDWAN, MUJAMILAH, HANY JULAIHA, dan ELA HAYATI, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3(2) (2002) 21-24
- [8]. SUDIRMAN, RIDWAN, MUJAMILAH, SILVIANI BUDIMAN, dan FEBRIYANTI EKA PUTRI, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 3(2) (2002) 34-38
- [9]. MATHEW, F.L. and R. D. RAWLING, *Composit Materials: Engineering and Science*, Chapman and Hall Publisher, London, 1994.
- [10]. DÁVID A. COOLING and THOMAS VASILOS, *Polymers, Ceramics and Composit (Industrial Material, Volume 2)*, Prentice Hall, New Jersey Columbus, Ohio (USA), (1995)
- [11]. J.GRIFFITH, *Introductions of Electromagnetisme (Magnetostatic Fields in Matter)*, Prentice Hall, (1980)