ANALISIS TERMAL DAN STRUKTUR MIKRO MAGNET KOMPOSIT BERBASIS HEKSAFERIT DENGAN MATRIKS KARET ALAM

Sudirman[1], Ridwan[1], Mujamilah[1], Waluyo Trijono[2]

[1] *Pusat Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan – BATAN*
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang 15314
[2] *Metalurgi, Fakultas Teknik – UI, Kampus Baru UI, Depok*

ABSTRAK

ANALISIS TERMAL DAN STRUKTUR MIKRO MAGNET KOMPOSIT BERBASIS HEKSAFERIT DENGAN MATRIKS KARET ALAM. Telah dilakukan analisis termal dan struktur mikro magnet komposit berbasis haksaferit dengan matriks karet alam untuk mengetahui unjuk kerjanya. Magnet komposit berbasis heksaferit dengan matriks karet alam banyak menunjang industri mainan dan alat listrik rumah tangga karena sifat magnet yang sesuai, harga murah, ringan dan tidak kaku (*rigid*). Magnet komposit berbasis haksaferit dengan matriks karet alam disintesis dengan metoda blending yaitu mencampurkan serbuk heksaferit SrM ($SrFe_{12}O_{19}$) atau BaM ($BaFe_{12}O_{19}$) dengan variasi komposisi karet alam 30% - 70% v/v. Komposit yang diperoleh dianalisis sifat termalnya (pengukuran DTA/TGA) dan dikarakterisasi struktur mikro (pengukuran SEM). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa karet alam mengalami penggembungan (*swelling*) optimal pada temperatur 181,17 °C. Unjuk kerja komposit magnet dibatasi oleh perubahan sifat matriks karet alam yang terdekomposisi pada temperatur ± 400 °C. Pada pelepasan molekul karet alam yang terjebak didalam komposit maka komposit berbasis BaM lebih sulit dibandingkan dengan komposit berbasis SrM, hal ini dikarenakan struktur mikro BaM lebih seragam dan sebaran partikel lebih homogen didalam matriks kompositnya dibandingkan dengan SrM.

Kata kunci : DTA/TGA, SEM, heksaferit, karet alam, magnet komposit.

ABSTRACT

THERMAL ANALYSIS AND MICROSTRUCTURE OF HEXAFERRITE BASED MAGNET COMPOSITE WITH NATURAL RUBBER MATRIX. Thermal and microstructure analyses of hexaferrite based on composite magnets with natural rubber matrix have been done to investigate their performance. Such magnets play an important role in the toy and house-hold industries because of their suitable magnetic properties, low cost, lightness and flexibility. The composite magnets were synthesized by blending the ferrite powder and natural rubber at composition 30% - 70% rubber volume. The microstructure and thermal behaviour of the composite were examined by using SEM and DTA/TGA. The result show that the natural rubber swelling is optimally at 181,17 °C, which is the recommended top condition for blending. The performance magnet composite is limited by the change of natural rubber properties which decompose at temperature around 400 °C. In the decomposition process, the natural rubber molecule traped in a composite system based on BaM is more difficult are more compared to the composite system based on SrM because the BaM system particle microstructure and its distribution more homogeneous.

Key words : DTA/TGA, SEM, hexaferrite, natural rubber, composite magnet.

PENDAHULUAN

Bahan magnet konvensional disintesis dengan metoda *casting* dan *sintering,* dengan menggunakan bahan baku terbuat dari bahan logam. Oleh sebab itu bahan magnet tersebut memiliki kelebihan pada sifat magnetnya tetapi beberapa kekurangan juga didapati, seperti : berat, rapuh dan harganya cukup mahal[1]. Kebanyakan polimer mempunyai sifat relatif ringan dan murah dibandingkan dengan bahan logam, disamping itu polimer dapat berfungsi sebagai pengikat dalam pembuatan komposit. Untuk meminimalkan kekurangan pada bahan magnet konvensional maka disintesis bahan magnet dalam bentuk komposit dengan matriks polimer, seperti karet alam [2,3].

Berkembangnya industri mainan dan makin tingginya pemakaian alat listrik rumah tangga memberikan peluang yang baik pada pengembangan dan produksi komposit magnet. Data Biro Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa dalam industri mainan anak, nilai

Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 13 - 17
ISSN : 1411-1098

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,- [4]. Dalam aplikasi di industri tersebut sifat magnetik dari magnet komposit tidak perlu tinggi. Oleh sebab itu, pemakaian polimer sebagai matriks yang berfungsi sebagai *binder* (perekat) dapat diterapkan sehingga akan diperoleh magnet komposit yang ringan, fleksibel dan murah. Perkembangan produksi magnet komposit berbasis heksaferit lebih baik dibandingkan dengan magnet komposit lain. Di Negara China, nilai penjualan komposit magnet berbasis heksaferit (US $ 52 juta) lebih tinggi daripada komposit magnet berbasis NdFeB (US $ 13,5 juta) [5].

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis magnet komposit berbasis heksaferit dengan perekat berupa karet alam, mengingat Indonesia dikenal sebagai salah satu penghasil karet alam yang besar dengan produksi sekitar 1,4 juta ton per tahun [6]. Dari hasil sintesis bahan magnet komposit tersebut akan dianalisis sifat termal dan strukturmikronya. Dalam aplikasinya, bahan magnet komposit yang telah disintesis, didominasi oleh perubahan sifat dari elastomer (karet alam). Sementara itu sifat dari elastomer sangat berhubungan dengan kondisi lingkungannya, seperti suhu, kelembaban dan radiasi. Pengaruh lingkungan tersebut akan menyebabkan perubahan sifat fisik, magnetik dan mekaniknya.

Hasil dari sintesis dan modifikasi ini jika berhasil, diharapkan dapat memberikan alternatif pilihan terhadap bahan magnet sehingga ketergantungan pengadaannya melalui import dapat ditekan serendah mungkin. Dalam pengembangan selanjutnya diharapkan dapat diperoleh produk-produk magnet yang memiliki kinerja yang lebih baik dan lebih aplikatif, khususnya, untuk industri mainan dan industri alat listrik rumah tangga.

METODOLOGI

Bahan

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, Jawa Barat. Karet alam yang digunakan berbentuk lembaran.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: timbangan analitik, Labo Plastomill Toyoseiki 30 R 150 pada Laboratorium Teknologi Industri, P3TIR-BATAN, Jakarta. DTA/TGA Setaram Tag 21 pada laboratorium Bidang Bahan Industri, P3IB-BATAN, Serpong dan SEM Philips 515 pada laboratorium Bidang Bahan Industri, P3IB-BATAN, Serpong.

Tata Kerja

Magnet komposit berbasis heksaferit dengan matriks karet alam disintesis dengan komposisi yang telah ditentukan, yaitu fraksi volume heksaferit sebesar 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Sejumlah karet alam dimasukkan ke dalam Labo Platomill pada suhu 100°C selama 5 menit dengan rpm 30. Sambil digiling ditambahkan serbuk heksaferit berupa $SrFe_{12}O_{19}$ atau Ba $Fe_{12}O_{19}$ perlahan-lahan sesuai dengan komposisi yang tertentukan sehingga diperoleh hasil gilingan berupa komposit magnet. Hasil gilingan yang diperoleh selanjutnya dibuat lembaran film komposit magnet dengan *hot-press* dan *cold-press*.

Selanjutnya dilakukan pengujian termal dengan DTA/TGA, dalam kondisi atmosfer gas argon sampai temperatur 600 °C. Diperoleh kurva saluran *heat flow* terhadap temperatur. Pengujian termal ini dilakukan pada bahan-bahan awal (serbuk SrM, BaM dan karet alam) dan bahan kompositnya.

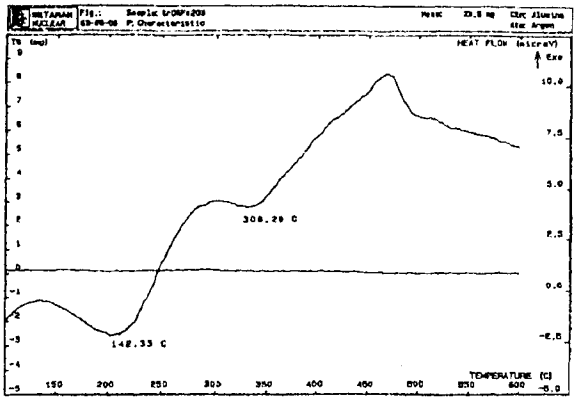
Struktur mikro diamati dengan SEM. Untuk itu bahan magnet komposit dipotong dalam media nitrogen cair berukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Kemudian pada posisi tampang lintang di atas dipasang pada pemegang sampel (stub), lalu dilakukan pelapisan tipis dengan emas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

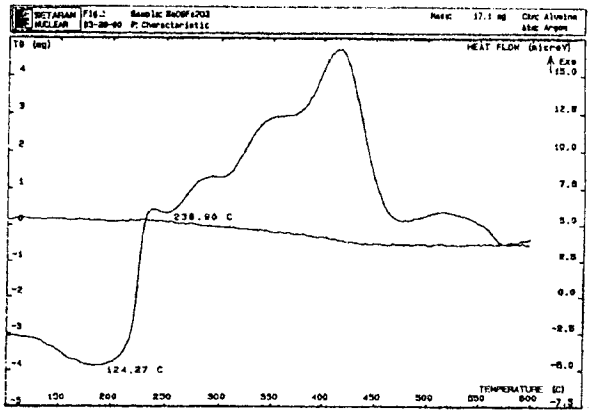
Analisis termal

Hasil pengukuran termal dilakukan dengan DTA/TGA dan diperoleh hasil seperti pada terlihat pada Gambar 1 untuk sampel serbuk SrM ($SrFe_{12}O_{19}$), Gambar 2 untuk sampel serbuk BaM ($BaFe_{12}O_{19}$) dan Gambar 3 menggambarkan pengukuran termal untuk Karet Alam. Kurva TGA menunjukkan bahwa untuk senyawa dalam bentuk oksida (Gambar 1 dan Gambar 2) tidak terjadi perubahan massa sampai temperatur 600 °C, artinya perubahan massa terjadi pada temperatur yang lebih tinggi (diatas 600 °C). Hal ini sesuai dengan diagram fasa sistem BaO-Fe_2O_3 dan SrO-Fe_2O_3, dimana BaM dan SrM masing-masing terbentuk pada temperatur ± 1400 °C dan ± 1300 °C [7].

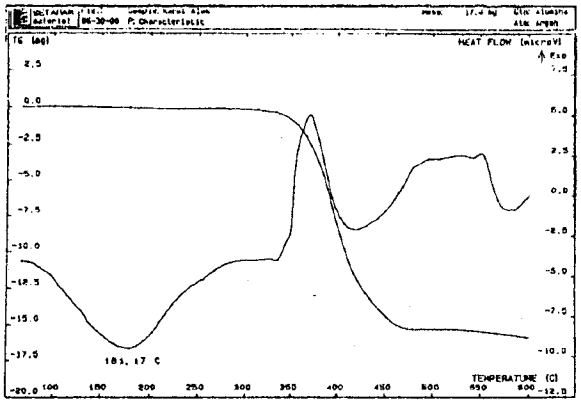
Untuk kurva DTA, pada SrM terdapat 2 (dua) puncak endotermis pada 142,33 °C dan 308,20 °C. Kedua puncak tersebut menggambarkan proses yang telah dikenakan ketika serbuk SrM dibuat di pabriknya, dimana pada temperatur 142,33 °C kemungkinan terjadi penguapan dari pelarut yang telah digunakan sedangkan pada temperatur 308,20 °C disebabkan adanya penguapan aditif yang ditambahkan pada proses pembuatannya. Hal yang sama juga terjadi pada BaM yang berasal dari pabrik yang sama, dimana pada temperatur 124,27 °C kemungkinan terjadi penguapan pelarut yang telah digunakan dan pada temperatur 238,90 °C menunjukkan adanya penguapan aditif yang ditambahkan pada pembuatan BaM ($BaFe_{12}O_{19}$).



Gambar 1. Kurva TGA dan DTA serbuk SrM ($SrFe_{12}O_{19}$).



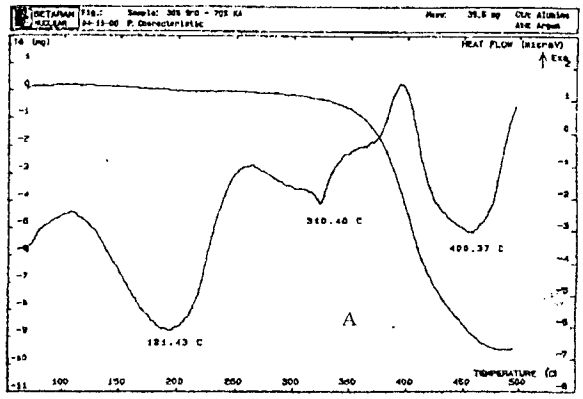
Gambar 2. Kurva TGA dan DTA serbuk BaM ($BaFe_{12}O_{19}$)

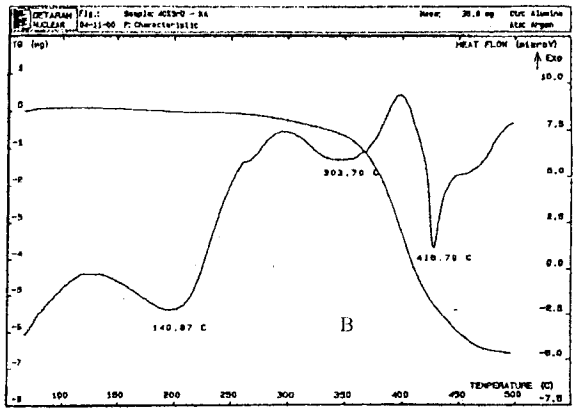


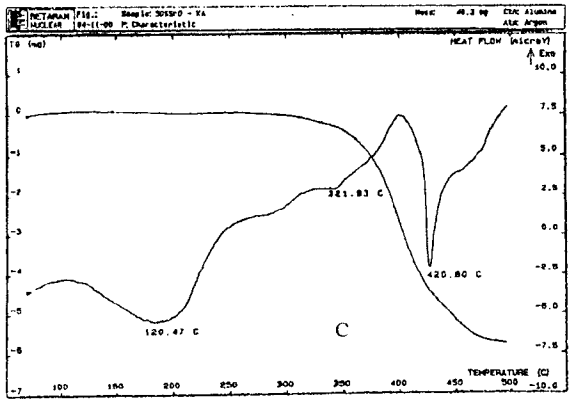
Gambar 3. Kurva TGA dan DTA karet alam.

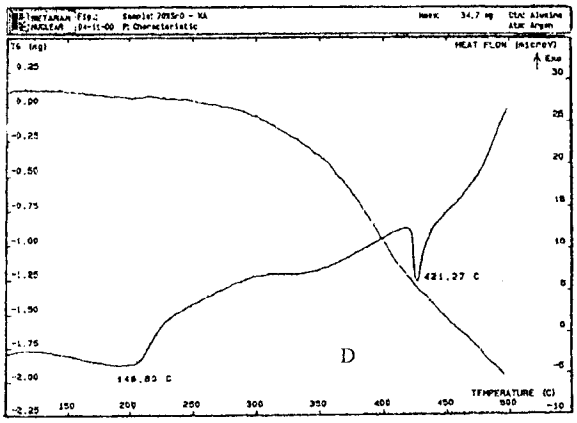
Kurva TGA karet alam (Gambar 3) menunjukkan adanya temperatur dekomposisi yaitu sekitar 400 °C. Artinya pada temperatur tersebut, karet alam mengalami pembakaran dengan sisa karbon yang tertinggal pada temperatur tersebut. Kurva DTA menunjukkan bahwa karet alam meleleh pada temperatur 181,17 °C, artinya proses penggembungan (*swelling*) karet alam melalui pemanasan terjadi secara optimal pada suhu 181,17 °C, sehingga dispersi (interaksi) padat-padat mencapai optimal pada temperatur tersebut.

Pada Gambar 4A-D menunjukkan hasil









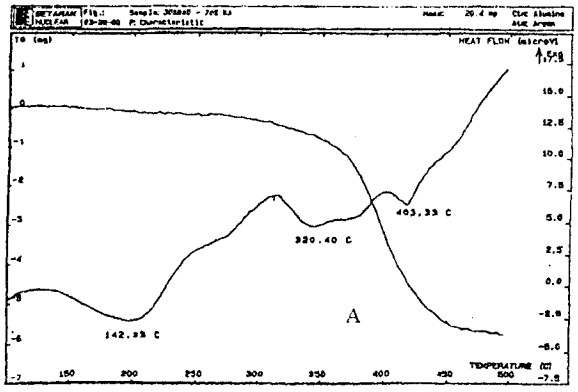
Gambar 4. Kurva TGA dan DTA komposit magnet dengan komposisi SrM A. 30 %, B. 40 %, C. 50 %, D. 70 %

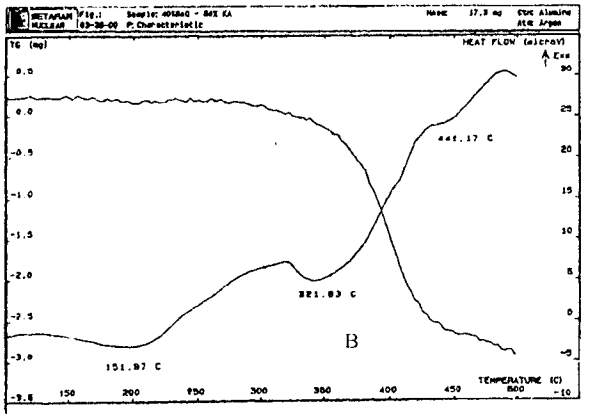
Vol. 2 No. 1, Oktober 2000, hal : 13 - 17
ISSN : 1411-1098

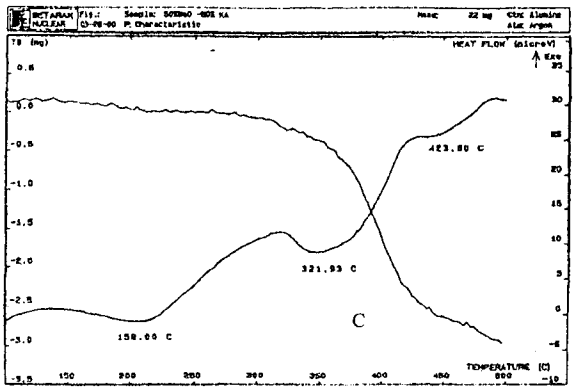
pengukuran DTA/TGA untuk fraksi volume, v/v SrM didalam kompositnya dengan matriks karet alam dari 30% sampai dengan 70%.

Kurva TGA menunjukkan bahwa sifat termal magnet komposit yang terbentuk antara serbuk SrM dan karet alam dipengaruhi oleh sifat termal karet alam. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya kurva TGA pada temperatur ± 370 °C (Gambar 4), artinya penggunaan magnet komposit dibatasi oleh karet alam sebagai matriks. Bila kurva TGA magnet komposit dibandingkan dengan kurva TGA karet alam murni, terlihat bahwa gradien (kemiringan) kurva penurunan masa pada temperatur ± 370 °C pada magnet komposit lebih kecil dibandingkan dengan gradien kurva TGA karet alam bebas (lihat Gambar 3), artinya pelepasan karet alam di dalam magnet komposit lebih sulit dibandingkan karet alam bebas.

Kurva DTA memperlihatkan adanya 3 (tiga) puncak endotermis. Puncak endotermis pertama berasal dari penguapan pelarut yang terjadi pada temperatur dibawah 150 °C. Puncak endotermis kedua, kemungkinan berasal dari penguapan aditif yang digunakan dan terjadi pada temperatur dibawah 325 °C. Sedangkan puncak endotermis ketiga pada temperatur ± 420 °C, kemungkinan berasal dari penguapan karet alam yang terjebak di dalam komposit magnet. Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kandungan SrM, luas puncak endotermisnya semakin kecil tetapi semakin tajam karena karet alam yang terjebak jumlahnya semakin sedikit. Sedangkan tajamnya kurva menggambarkan semakin banyak serbuk SrM ($SrFe_{12}O_{19}$) sehingga penguapan







Gambar 5. Kurva TGA dan DTA Komposit magnet dengan komposisi BaM; A. 30 %, B. 40 %, C. 50 %.

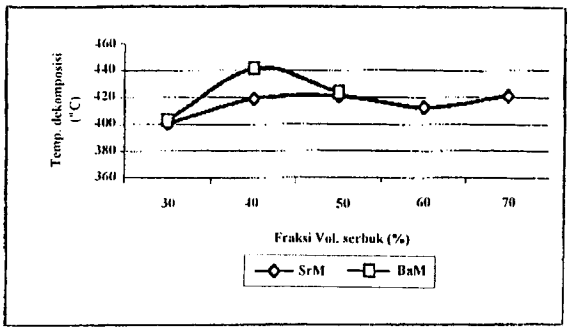
karet alam yang terjebak memerlukan energi yang semakin besar.

Untuk serbuk heksaferit yang lain, BaM juga mengalami hal yang sama seperti SrM. Hasil pengukuran termal diperlihatkan pada Gambar 5.
Gambar 5A menunjukan hasil pengukuran termal untuk magnet komposit dengan komposisi BaM 30 % v/v, Gambar 5B untuk komposisi BaM 40 % v/v dan Gambar 5C komposit magnet dengan kandungan BaM 50% v/v.

Kurva TGA pada Gambar 5 menunjukkan bahwa matriks karet alam dengan berbagai komposisi BaM mengalami degradasi pada temperatur ± 370 °C. Dari kurva DTA, diperoleh 3 (tiga) puncak endotermis yaitu pertama puncak endotermis pada temperatur ± 150 °C yang disebabkan oleh penguapan pelarut yang digunakan dalam proses pembuatan BaM($BaFe_{12}O_{19}$). Puncak endotermis kedua terjadi pada temperatur ±320 °C, disebabkan oleh penguapan aditif yang ditambahkan dalam pembuatan BaM ($BaFe_{12}O_{19}$). Puncak endotermis ketiga yang terjadi pada temperatur ± 420 °C menggambarkan kemungkinan pelepasan (degradasi) dari karet alam yang terjebak didalam komposit magnetnya.

Puncak endotermis ketiga bukan merupakan transisi curie karena senadainya puncak tersebut merupakan temperatur curie maka tidak akan dapat teramati dengan baik oleh DTA, mengingat temperatur curie merupakan *second order reaction*. Selain itu bila puncak endotermis ketiga dianggap menggambarkan fenomena orientasi serbuk heksaferit baik SrM maupun BaM, seperti monoferit maka hal ini tidak mungkin terjadi pada temperatur tersebut, mengingat perubahan orientasi pada serbuk heksaferit SrM dan BaM terjadi pada temperatur diatas 750 °C [7].

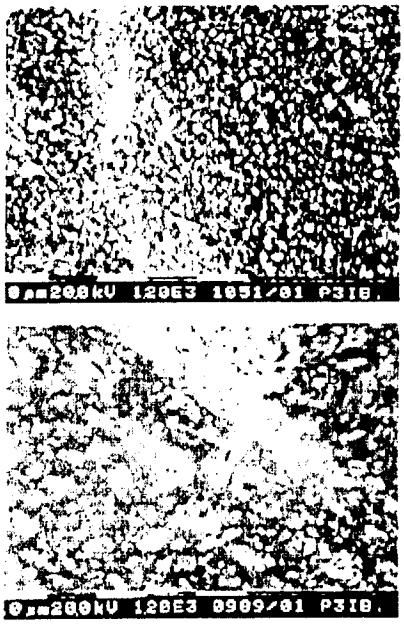
Dari analisis termal yang dilakukan pada komposit magnet heksaferit ini, diperoleh gambaran bahwa pemakaian komposit magnet dibatasi oleh sifat elastomer (karet alam) yang digunakan, artinya komposit magnet ini tidak dapat dipakai pada temperatur diatas 370 °C, sedangkan proses *blending* dapat dilakukan pada temperatur 181,17 °C.



Gambar 6. Temperatur Dekomposisi komposi magnet berbasis SrM dan BaM dalam berbagai fraksi volume.

Struktur mikro

Perbandingan antara temperatur dekomposisi magnet konposit berbasis SrM dan BaM, ditunjukkan pada Gambar 6. Magnet komposit berbasis BaM mempunyai temperatur dekomposisi (degradasi karet alam) yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit magnet berbasis SrM. Hal ini disebabkan oleh partikel serbuk BaM yang lebih seragam dan sebarannya di dalam matriks lebih homogen dibandingkan partikel serbuk SrM, seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Strukturmikro (SEM) komposit magnet dengan matriks karet alam dengan komposisi 40 % v/v untuk ; A. .Serbuk BaM ; B. Serbuk SrM

Dari kedua gambar hasil pengukuran dengan SEM (Gambar7), terlihat bahwa partikel BaM lebih tersebar secara merata didalam matriks komposit magnet dibandingkan partikel SrM. Disamping itu, ukuran partikel BaM sebesar 1,2 μm lebih kecil dibandingkan ukuran partikel SrM yang sebesar 1,6 μm, sehingga partikel serbuk BaM lebih terikat oleh molekul karet alam [8].

KESIMPULAN

Pembuatan komposit magnet dipengaruhi oleh bentuk serbuk heksaferit SrM dan BaM, juga oleh proses pengembungan (*swelling*) dari matriks berupa karet alam. Karet alam dapat digunakan sebagai *binder* didalam komposit magnet dengan *swelling* optimal pada temperatur 181,17 °C. Pada penelitian ini, proses blending dilakukan pada temperatur 100 °C dan sifat komposit magnet yang diperoleh kurang optimal, oleh sebab itu disarankan proses blending dilakukan pada temperatur 181,17 °C. Unjuk kerja komposit magnet berbasis heksaferit dengan matrik karet alam dibatasi oleh sifat termal dari karet alam, yaitu tidak melebihi temperatur 370 °C.

Degradasi (temperatur dekomposisi) karet alam di dalam magnet komposit akibat pemanasan dipengaruhi oleh ukuran partikel dan sebaran serbuk BaM dan SrM. Dari hasil struktur mikro, komposit berbasis BaM mempunyai temperatur dekomposisi lebih tinggi dibandingkan komposit berbasis SrM, karena serbuk BaM lebih seragam dan sebaran partikel didalam matriks lebih homogen dibandingkan komposit berbasis serbuk SrM.

DAFTAR ACUAN

[1] ZBIGNIEW D. JASTRZEBSKI, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, 2nd edition, (1997) p. 336-339.

[2] RICHARD BRADLEY, *Radiation Technology Handbook, Marcel Dekker Inc.*, New York, (1984).

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

[4] Biro Pusat Statistik, Jakarta, 1997.

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

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

[7] KOJIMA, H., *Fundamental properties Of Hexagonal Ferrites With Magnetoplumbite Structure*, North-Holland Publishing Company, Holland, (1982) p. 305-308.

[8] WALUYO T., SUDIRMAN, RIDWAN, A. HERMAN Y., *Sifat Mekanik Komposit Magnet berbasis Heksaferit* $SrFe_{12}O_{19}$ *dan* $Ba\ Fe_{12}O_{19}$ *Dengan Perekat Karet Alam* (akan dipublikasikan pada Jurnal Sains Materi Indonesia).