

## KARAKTERISASI TERMAL KOMPOSIT BERBASIS HEKSAFERIT (BaM) DENGAN MATRIKS POLIMER

Sugik Sugiantoro, Sudirman, Aloma K. K. dan Rukihati

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**KARAKTERISASI TERMAL KOMPOSIT HEKSAFERIT (BaM) DENGAN MATRIKS POLIMER.** Penggunaan bahan magnet komposit heksaferit banyak dijumpai pada peralatan listrik dan elektronika seperti *switching thermistors* dan *switch break*, yang penggunaannya dengan arus tinggi dapat menimbulkan efek panas sehingga perlu dipelajari sifat termal dari matriks polimer komposit tersebut. Karakterisasi dilakukan dengan cara setiap sampel dicuplik dengan berat  $\pm 25$  mg dimasukkan ke dalam krusibel alumina kemudian dipanaskan hingga  $500^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan pemanasan  $20^{\circ}\text{C}$  per menit menggunakan alat *Simultaneous Thermal Analysis (STA)*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa matriks vinilester dan epoksi mempunyai sifat termal yang hampir sama, jika dilihat dari suhu awal dekomposisinya epoksi dan vinil ester memiliki ketahanan termal lebih baik dari polietilen yaitu sekitar  $396,3^{\circ}\text{C}$  dan puncak dekomposisi epoksi  $480,5^{\circ}\text{C}$ .

**Kata kunci :** Heksaferit (BaM), matriks polimer, *Simultaneous Thermal Analysis (STA)*

### ABSTRACT

**THERMAL CHARACTERIZATION OF HEXAFERRITE (BaM) COMPOSITE WITH POLYMER MATRIX.** Thermal characterization of hexaferrite composite with polymer matrix using *Simultaneous Thermal Analysis (STA)* has been done. Application of hexaferrite composite magnet in electric and electronic equipment has been recognized such as *switching thermistors*, *switch breake* etc, which is used in high electricity current so influence of heat effect on polymeric matrix of composite should be well understood. Each sample weight of  $\pm 25$  mg was entered into alumina crucible, then heated until  $500^{\circ}\text{C}$  with heating rate of  $20^{\circ}\text{C}$  per minute. The result obtained indicates that matrices of vinyl ester and of epoxy have almost the same nature of thermal properties. The initial decomposition of epoxy and vinil ester has better thermal properties compared to polyethylene which starting from with  $396.3^{\circ}\text{C}$  and decomposition peak curve at temperature  $480.5^{\circ}\text{C}$ .

**Key words :** Hexaferrite, polymer matrix, *Simultaneous Thermal Analysis (STA)*

### PENDAHULUAN

Penggunaan magnet komposit heksaferit ( $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) banyak dijumpai di Indonesia seiring dengan perkembangan industri perlengkapan listrik dan elektronika yang mengakibatkan kebutuhan magnet komposit semakin bertambah terutama magnet komposit berbasis polimer. [1 - 4]

Bahan magnet komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya cukup menarik untuk dipelajari khususnya pada penggunaan bahan magnet komposit tersebut pada peralatan yang mengalami perubahan termal seperti PTC (*positive temperature coefficient*) *switching thermistors* yang dapat menghasilkan perubahan suhu  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $140^{\circ}\text{C}$  ataupun sebagai *switch break* pada peralatan listrik dengan arus yang tinggi dapat menimbulkan efek panas.

Oleh sebab itu perlu untuk dipelajari pengaruh panas terhadap komposit magnet tersebut terutama pada polimer yang berfungsi sebagai matriks atau bahan pengikatnya.

Aneka ragam matriks polimer yang digunakan di bidang industri cukup banyak jenisnya diantaranya adalah polimer Poli etilen (PE), Vinil ester (VE) dan Epoksi. Dari ketiga matriks polimer tersebut masing masing matriks tersebut memiliki sifat fisik, sifat mekanik maupun sifat termal yang berbeda [5-8].

Matriks polimer jenis polietilen merupakan termoplastik hasil dari polimerisasi monomer etilen. Sifat mekanik polietilen tergantung beberapa variabel pada proses pembuatannya seperti tingkat dan jenis percabangan, struktur kristal, titik leleh dan berat molekulnya. Penggunaan polietilen di bidang industri karena memiliki sifat yang lentur [5- 8].

Polimer jenis epoksi merupakan resin *thermosetting plastic* yang dihasilkan dari reaksi antara *epichlorohydrin* dan *bisphenol-A*. Penggunaan epoksi di bidang industri cukup luas pada peralatan listrik dan elektronika diantaranya *coating*, pelapis *integrated circuit (IC)* atau transistor, transformator, generator dan

komposit magnetik terutama sifat fisiknya yang lebih kuat dibandingkan polimer lainnya [5- 8]. Polimer jenis vinil ester memiliki sifat hampir sama dengan epoksi yaitu memiliki ketahanan panas lebih rendah dan harganya yang lebih murah jika dibandingkan epoksi [5- 8].

Manfaat dari penambahan matriks pada bahan magnet selain mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, juga harga bahan komposit magnetik menjadi lebih murah.

Karakterisasi termal bertujuan untuk mengetahui sifat termal komposit bahan magnet tersebut khususnya suhu pelelehan dan suhu degradasi dari masing-masing polimer sebagai matriksnya sehingga dapat diperoleh data ketahanan termal yang optimum dari bahan campuran tersebut.

## METODE PERCOBAAN

Karakterisasi termal pada penelitian ini menggunakan seperangkat alat *Simultaneous Thermal Analysis (STA)* merek *SETARAM TAG 24 S* buatan Perancis, sedangkan bahan komposit magnet BaM yang menggunakan matriks Polietilen, Vinil ester dan Epoksi merupakan hasil sintesis Kelompok Polimer, Bidang Bahan Industri Nuklir-PTBIN BATAN dengan beberapa campuran matriks komposit magnet yang telah divariasikan menurut fraksi berat.

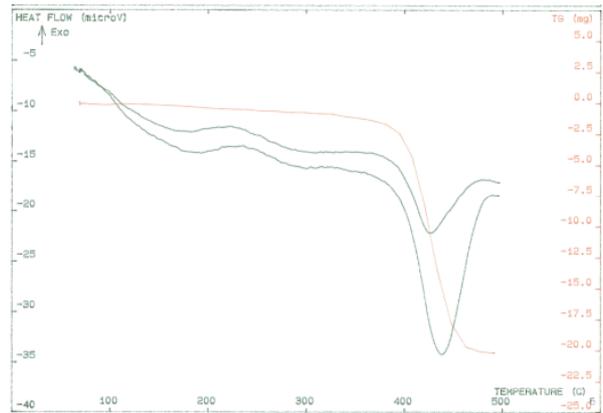
Perlakuan untuk setiap sampel yang memiliki berat antara 10 mg hingga 25 mg dimasukkan ke dalam cawan (*sample holder*). Sampel ditempatkan pada kolom *furnace* dan dilakukan pemanasan sampel dengan kecepatan pemanasan (*heating rate*) 20 °C per menit sampai suhu 500 °C. Setelah pemanasan selesai dilanjutkan dengan pengolahan data untuk memperoleh data *Heat Flow* dan *Thermal Gravimetry* menggunakan komputer IBM PC-2 *SETARAM*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi termal terhadap bahan magnet komposit heksaferit BaO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (BaM) dengan matriks polimer Polietilen, Vinilester dan Epoksi dilakukan untuk mempelajari sifat termalnya yaitu dengan menentukan suhu pelelehan dan suhu dekomposisi atau degradasi dari masing masing bahan matriks tersebut.

Mengingat bahan magnet heksaferit BaO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki titik leleh (*melting*) yang cukup tinggi di atas 1000 °C, sehingga dalam penggunaannya bahan komposit magnet tersebut yang mengalami perubahan terlebih dahulu akibat adanya pengaruh termal adalah pada bahan matriksnya, yaitu berupa polimer.

Hasil pengukuran yang dilakukan terhadap bahan magnet komposit yang menggunakan matriks vinilester terlihat pada Gambar 1. yang menunjukkan bahwa vinil ester (VE) dengan variasi fraksi berat 40 % VE dan 70 % VE pada sekitar suhu 97,4 °C mulai terjadi adanya perubahan fasa yang puncaknya tidak begitu jelas.

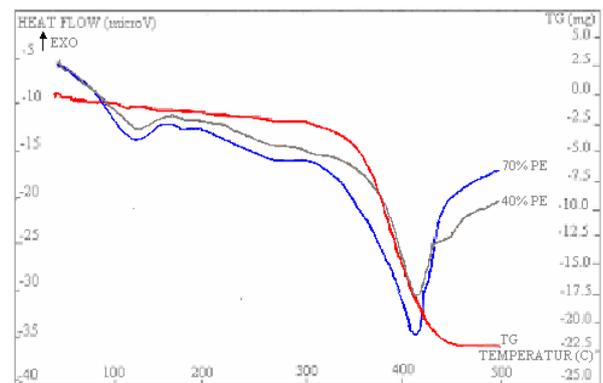


Gambar 1. BaM dengan variasi matriks Vinyl Ester.

Hal ini dikarenakan vinil ester memiliki sifat amorf. Maka suhu 375,7 °C mulai terjadi dekomposisi yang disertai dengan penurunan berat sampel seperti yang terlihat pada kurva TG (*Thermal Gravimetry*) pada Gambar 1. Sedangkan suhu puncak dekomposisi terjadi pada suhu 412,7 °C.

Variasi besarnya fraksi berat matriks dari vinilester yang diberikan tidak menunjukkan adanya perubahan suhu, baik terhadap suhu pelelehan maupun pada suhu dekomposisinya, namun semakin banyak penambahan fraksi berat vinilester mengakibatkan luas *area* puncak dekomposisinya semakin besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa panas yang diserap untuk dekomposisi juga semakin bertambah.

Hasil pengukuran yang dilakukan terhadap bahan magnet komposit menggunakan matriks polietilen terlihat pada Gambar 2. yang menunjukkan bahwa polietilen sebagai matriks dengan variasi fraksi berat 40 % PE dan 70 % PE mengalami perubahan fasa pada suhu 96,6 °C dan memiliki titik puncak pelelehan pada suhu 126,7 °C karena titik puncak pelelehan (*Tm*) polietilen sangat bervariasi tergantung struktur polimernya. Untuk polietilen linier dengan kandungan kristal 50 % sampai dengan 60% mempunyai *Tm* berkisar 115 °C seperti yang dimiliki oleh *Low Density Poly Ethylene (LDPE)* sedangkan yang memiliki kandungan kristal sampai 90% akan mempunyai

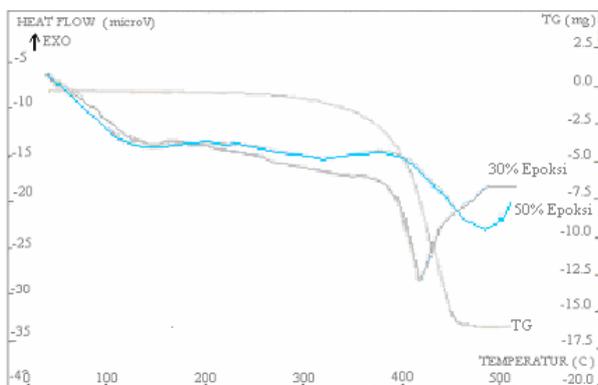


Gambar 2. BaM dengan variasi matriks Polietilen.

$T_m$  berkisar 127 °C [ 10 ]. Pada suhu 353,4 °C polietilen mulai mengalami dekomposisi yang disertai dengan penurunan berat sampel seperti yang terlihat pada kurva TG (*Thermal Gravimetry*) dari Gambar 2. Sedangkan suhu puncak dekomposisinya terjadi pada suhu 414,9 °C.

Variasi besarnya fraksi berat matriks polietilen yang diberikan tidak menunjukkan adanya perubahan baik suhu pelelehan maupun suhu dekomposisinya, tetapi luas area puncak menunjukkan adanya perbedaan jumlah polietilen yang berfungsi sebagai matriks dimana luas puncak area 70% PE lebih besar dibandingkan luas area puncak 40% PE. Hal tersebut menunjukkan pula bahwa panas yang diserap untuk dekomposisi juga semakin bertambah.

Hasil pengukuran bahan magnet komposit menggunakan matriks epoksi terlihat pada Gambar 3. yang menunjukkan bahwa bahan magnet komposit menggunakan matriks epoksi dengan variasi fraksi berat 40 % dan 70 % mulai mengalami perubahan fasa pada suhu sekitar 100,5 °C. Seperti halnya vinil ester bahwa epoksi memiliki sifat amorf sehingga puncak pelelehan tidak begitu jelas. Pada suhu 396,3 °C epoksi mulai mengalami dekomposisi disertai dengan penurunan berat sampel. seperti yang terlihat pada kurva TG (*Thermal Gravimetry*) di dalam Gambar 3. Puncak dekomposisinya terjadi pada suhu 413,5 °C untuk 30% epoksi dan 480,5 °C untuk epoksi 50%.



Gambar 3. BaM dengan variasi matriks Polietilen.

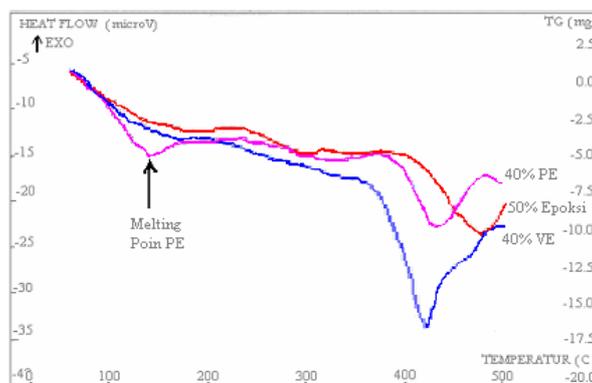
Perbedaan puncak dekomposisi pada epoksi sangat dipengaruhi oleh perbandingan epoksi dan bahan pengerasnya (*hardener*). Sifat fisik yang meliputi sifat mekanik dan sifat ketahanan termal dari epoksi akan optimum jika perbandingan epoksi dan bahan pengeras adalah 1 : 1, sedangkan untuk Poliester dan Vinil ester perbandingannya adalah 10 : 1 [6,8].

Besarnya fraksi berat epoksi yang diberikan tidak menunjukkan adanya perubahan pada suhu awal terjadinya perubahan fasa maupun pada suhu awal terjadinya dekomposisi, sedangkan terjadinya perbedaan suhu puncak dekomposisi lebih diakibatkan oleh penambahan bahan pengeras.

Gambar 4 menunjukkan sifat termal ketiga matriks polimer tersebut baik polietilen, vinil ester

maupun epoksi yaitu awal terjadinya perubahan fasa pada bahan ketiga matriks polimer tersebut sekitar suhu 96 °C hingga 100 °C dan adanya titik puncak pelelehan terlihat jelas pada polietilen yaitu 126,7 °C. Hal ini karena polietilen bersifat kristalin sedangkan vinil ester dan epoksi bersifat amorf sehingga puncak pelelehannya tidak begitu jelas.

Gambar 4 karakterisasi termal PE, VE dan Epoksi juga menunjukkan bahwa pada suhu awal terjadinya dekomposisi epoksi memiliki sifat awal terdekomposisinya lebih baik dibandingkan polietilen dan vinil ester. Epoksi mulai terdekomposisi pada suhu 396,3 °C. Sedangkan polietilen dan vinil ester mulai terdekomposisi pada suhu 353,4 °C dan 375,7 °C. Suhu puncak dekomposisi epoksi pada 480,5 °C sedangkan polietilen dan vinil ester menunjukkan puncak yang hampir sama yaitu berkisar pada suhu 412 °C hingga 414 °C.



Gambar 4. Karakterisasi termal PE, VE, Epoksi.

Mengingat ketiga matriks polimer tersebut hanya sebagai pengompak bahan (*compacting materials*) agar mudah dibentuk untuk berbagai keperluan industri sehingga BaM tidak mempengaruhi sifat termal matriks polimer tersebut karena titik leleh BaM yang terlalu tinggi. Jika dilihat dari sifat termalnya tersebut diharapkan penggunaan matriks polimer yang digunakan dengan variasi fraksi berat serendah mungkin sehingga tidak mengurangi sifat kekuatan magnet komposit BaM tersebut.

## KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa matriks epoksi dan vinilester mempunyai sifat ketahanan termal lebih baik dari polietilen jika dilihat dari suhu awal terjadinya dekomposisi. Epoksi mulai terdekomposisi pada suhu 396,3 °C sedangkan vinilester dan polietilen mulai terdekomposisi pada suhu 375,7 °C dan 353,4 °C.

## DAFTARACUAN

- [1]. N. SANTOSO, W.P. DEWI, Sintesis Magnet Komposit Berbasis Heksaferit (BaM) dengan Polimer Termoset, *Tesis S-1*, FTI-ITI (2005)

- [2]. SUDIRMAN dkk., *Jurnal Sains Material Indonesia*, **3** (2002)
- [3]. REMBULAN M. DAN FITRIYANTI, Pembuatan Magnet Komposit Berbasis Heksaferit dengan Penambahan Aditif Silan serta Perekat Poliester dan Epoksi, *Tesis S-1*, FTI-ITI, (2003)
- [4]. SASONGKO H., Pembuatan Magnet Komposit Heksaferit Berbasis Epoksi dan Poliester, *Tesis S-1*, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA-UNJ, (2003)
- [5]. [www.kimia-sains.com](http://www.kimia-sains.com) : Articles Polymer Chemistry - Thermoplastics - Polyethylene , 17 Mei 2006
- [6]. [www.kimia-sains.com](http://www.kimia-sains.com) : Articles Polymer Chemistry - Epoxy , 17 Mei 2006
- [7]. [www.kimia-sains.com](http://www.kimia-sains.com) : Articles Polymer Chemistry - Melting Point, 17 Mei 2006
- [8]. [www.kimia-sains.com](http://www.kimia-sains.com) : Articles Polymer Chemistry – Composite materials , 18 Mei 2006
- [9]. [www.spsj.or.jp/c5/pj/pj.htm](http://www.spsj.or.jp/c5/pj/pj.htm) : X. JIANG, Y. BIN, N. KIKYOTANI, and M. MATSUO, *Polymer Journal*, **38** (5) (2006) 419 - 431
- [10]. FRED W. BILLMEYER Jr., *Text book of Polymer Science*, John Wiley & Sons, New York, 3<sup>th</sup> edition, (1984) 362 - 369