

# **SIFAT MEKANIK DAN MORFOLOGI TERMOPLASTIK ELASTOMER (TPE) HASIL POLIPADUAN NBR / PVC DAN MALEAT ANHIDRAT**

**(MECHANICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY  
THERMOPLASTICS ELASTOMER (TPE)BASED ON MALEATED  
NBR/PVC)**

Arum Yuniari<sup>1)</sup>

Email: arumyuniari@yahoo.com

Diterima: 15 Maret 2011

Disetujui: 28 Mei 2012

## **ABSTRACT**

The research of thermoplastic elastomer NBR/ PVC and maleic anhydride (MAH) aims to determine the effect of maleic anhydride (MAH) as compatibilizer on the mechanical properties and morphology of thermoplastic elastomer NBR / PVC. Mixing between the NBR and PVC performed using a two roll mill with a temperature range of 60-80 °C, the vulcanization process using a hydraulic press at a temperature of 170 °C, pressure of 150 kg/cm<sup>2</sup>. Composition of the NBR / PVC successively varied: 90/10: 85/15 : 80/20: 75/25: 70/30 and 65/35, being the amount of maleic anhydride (MAH) as compatibilizer used are 4 and 5 phr. Mechanical properties were evaluated including tensile strength, elongation at break, hardness and compression set according to ASTM procedure. Thermal treatments were performed by means of thermogravimetry (TG) and morphology of the blend by scanning electron microscopy (SEM). Test results showed that MAH compatibilizer be able to improve the mechanical properties of tensile strength and elongation, and compresion set. Morphological observation by SEM showed that the addition of MAH causes more homogeneous mixture. Thermal analysis by TG appears that the melting temperature of the mixture was 252 °C.

Keywords: thermoplastic elastomer, NBR, PVC, maleat anhydride.

## **ABSTRAK**

Penelitian termoplastik elastomer polipaduan NBR/PVC dan maleat anhidrat (MAH) bertujuan mengetahui pengaruh kompatibiliser maleat anhidrat (MAH) terhadap sifat mekanik dan morfologi termoplastik elastomer NBR/PVC. Pencampuran antara NBR dan PVC dilakukan menggunakan two roll mill dengan rentang suhu 60 – 80 °C, proses vulkanisasi menggunakan hydraulic press pada suhu 170 °C, tekanan 150 kg/cm<sup>2</sup>. Komposisi NBR/PVC divariasi berturut-turut: 90/10; 85/15; 80/20; 75/25; 70/30 dan 65/35. Jumlah kompatibiliser maleat anhidrat (MAH) yang digunakan adalah 4 dan 5 phr. Pengujian sifat mekanik meliputi tegangan putus dan perpanjangan putus, kekerasan dan compression set menggunakan metode ASTM. Morfologi termoplastik vulkanisat diuji menggunakan SEM dan DTA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kompatibiliser MAH mampu meningkatkan sifat mekanik tegangan putus dan elongation dan compression set. Pengamatan morfologi dengan SEM menunjukkan bahwa penambahan MAH menyebabkan campuran lebih homogen. Analisis termal dengan TG tampak bahwa suhu leleh campuran adalah 252 °C.

Kata kunci: termoplastik elastomer, NBR, PVC, maleat anhidrat.

<sup>1)</sup> Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta

## PENDAHULUAN

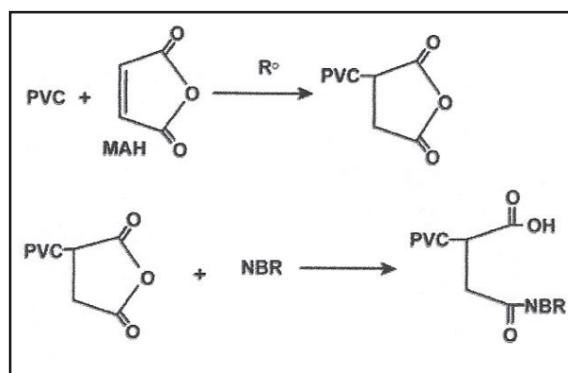
Penelitian mengenai polimer baru saat ini sedang dikembangkan terutama mengenai gabungan dari beberapa polimer, hal ini disebabkan polimer gabungan mempunyai keunggulan sifat dari pada individual polimer itu sendiri. Termoplastik elastomer (TPE) merupakan material yang mulai dikembangkan dibuat dari campuran poliolefin termoplastik dan karet. TPE tersebut dikembangkan dalam dua jenis produk yang berbeda. Jenis yang pertama adalah campuran sederhana yang disebut dengan *thermoplastic elastomeric olefin* (TEO). Jenis kedua adalah fasa karet yang divulkanisasi dinamik, menghasilkan *thermoplastic vulkanizate* (TPV) atau *dynamic vulcanizate* (DV). TPV mempunyai karakteristik dimana partikel karet tervulkanisasi terdistribusi dalam matriks termoplastik berukuran kecil (Bahrudin dkk, 2007).

Campuran antara termoplastik dengan karet (elastomer) dapat menghasilkan suatu material yang disebut termoplastik elastomer (TPE). TPE mempunyai sifat dan fungsi mirip dengan karet vulkanisasi. Karakteristik yang unik tersebut sangat berguna sebagai alternatif pemanfaatan dari elastomer konvensional dalam berbagai aplikasi, seperti industri otomotif. Umumnya material poliolefin TPI yang sudah dikembangkan terbuat dari karet sintetik seperti *ethylene-propylene diene monomer* (EPDM), *ethylene-propylene rubber* (EPR) dan *butadiene acrylonitrile rubber* (NBR) atau modifikasinya (Nakason, 2006). Namun TPE yang sudah komersial hanya polipaduan PP/EPDM (Sabet dan Data, 2000).

Saat ini polipaduan antara *acrylonitrile-butadiene rubber* (NBR) dan *polyvinyl chloride* (PVC) dibutuhkan oleh industri. Pemakaian utama adalah untuk *cover conveyor belts*, gasket, kabel jaket, pelapisan slang dan sepatu (Ismail H. dkk, 2004). Pemakaian PVC dalam pembuatan material TPE antara NBR/PVC dapat memperbaiki sifat ketahanan kimia, *thermal aging*, ketahanan kikis dan sifat mekanik yang unggul hal ini dilaporkan oleh (Ishiaku dkk, 1999). PVC merupakan plastik *thermoplast*, dan misibel dengan NBR. Pembuatan TPE

berbasis NBR berpotensi untuk meningkatkan sifat-sifat NBR, mengubahnya menjadi bahan baru dan penggunaannya dapat lebih diperluas. Penelitian tentang polipaduan PVC dan NBR telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain (Passador dkk, 2008; Hafezi dkk, 2007; Shokri dkk, 2005).

Permasalahan utama polipaduan PVC dan NBR adalah belum dapat dihasilkan campuran yang kompatibel. Hal ini disebabkan oleh fasa NBR yang tidak mudah terdistribusi kedalam matriks PVC. Diperkirakan bahwa faktor-faktor penyebabnya antara lain adalah perbedaan viskositas kedua polimer tersebut yang cukup besar pada suhu leleh PVC, dan interaksi molekular antara NBR dan PVC yang relatif kurang besar. Modifikasi blend PVC dan NBR agar dihasilkan campuran yang kompatibel dapat dilakukan dengan penambahan kompatibilisir. Reaksi *grafting* antara NBR, PVC dan maleat anhidrat adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Reaksi *grafting* NBR, PVC dan maleat anhidrat

(Sumber : N.N.Rozik,S.L.Abd-El-Messieh, 2010)

Shokri dkk (2005) melaporkan bahwa interfacial modifikasi antara NBR/PVC dapat menggunakan kompatibilisir *phtalic anhydride* (PAH), *succinic anhydride* (SAH) dan *maleic anhydride* (MAH).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompatibilisir maleat anhidrat (MAH) terhadap sifat mekanik dan morfologi termoplastik elastomer NBR/PVC.

## MATERI DAN METODE

### Bahan Penelitian

Bahan baku penelitian adalah: *nitrile-butadiene rubber* (NBR) merk KrynaC 4970 C dengan kadar ACN 48,9, money viskositas 72 ML(1 + 4) 100 °C dan PVC powder dengan K value 65 merk Fujichem.

Bahan aditif yang digunakan adalah maleat anhidrat (MAH) sebagai kompatibilisator, dicumyl peroksida (DCP) sebagai inisiator, antioksidan (TMQ), calcium stearat sebagai *heat stabilizer* buatan Singapura merk FACI, asam stearat, DOP (Diophthal pthalat) berfungsi sebagai plasticizer, *filler* (HAF Black), *activator* (ZnO), *accelerator* (MBTS dan TMT) dan pemvulkanisasi sulfur.

### Peralatan penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: two roll mill, hydraulic press MN tensile strength tester merk *Tronin Albert type QC II-M-18 hardness tester* merk Toyoseiki (Durometer D), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk JEOUL, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk Shimadzu.

### Metode Penelitian

#### Rancangan Penelitian Penyusunan Formulasi

Rancangan penelitian termoplastik elastomer NBR/PVC dan maleat anhidrat menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Adapun formulasi bahan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Jenis bahan	Jumlah bahan, phr											
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
<b>NBR</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>65</b>
<b>PVC</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>
DOP	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Ca stearat	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ZnO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asam stearat	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
TMQ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MBTS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TMT	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Carbon black	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>Maleat anhidrat</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
DCP	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sulfur	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

## Persiapan pembuatan vulkanisat termoplastik elastomer dan pengujian.

Penimbangan masing-masing bahan dilakukan sesuai formula seperti tertera pada Tabel 1. Pada tahap awal PVC powder dicampur dengan calcium stearat, dicumyl peroksida dan maleat anhidrat menggunakan internal mixer selama 10 menit. Tahap selanjutnya adalah proses pencampuran menggunakan peralatan *two roll mill*, tahap awal adalah penggilingan NBR hingga plastis dengan suhu 60 - 80 °C dilanjutkan penambahan campuran PVC, kedalam NBR, berselang seling dengan bahan DOP. Aditif yang lain juga ditambahkan kedalam campuran sampai homogen. Terakhir sulfur dicampurkan sebagai bahan pemvulkanisasi. Kompon untuk keperluan pengujian divulkanisasi menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 150 kg/cm<sup>2</sup> dan suhu 170 °C waktu sesuai *rheometer* (ASTMD-2084)

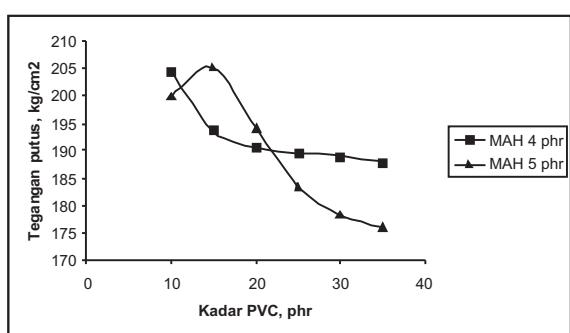
## Pengujian

Termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH) diuji sifat mekanik yang meliputi tegangan putus dan perpanjangan putus, kekerasan dan *compression set* menggunakan metode ASTM D 2000 dan pengujian morfologi meliputi SEM dan DTA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tegangan putus termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Pengaruh penambahan PVC dan kompatibilisir maleat anhidrat terhadap sifat tegangan putus polipaduan NBR/PVC (MAH) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tegangan putus termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Tegangan putus akan turun seiring dengan naiknya jumlah PVC, penurunan tegangan putus diakibatkan polipaduan menjadi agak getas karena PVC bersifat rigid. Tegangan putus tertinggi sebesar 204,52 kg/cm<sup>2</sup> dicapai oleh vulknisat dengan jumlah NBR/PVC 90/10 (MAH) 4 phr.

Sedangkan vulkanisat NBR/PVC 90/10 tanpa MAH nilai tegangan putusnya adalah 185,84 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini membuktikan bahwa kompatibilisir maleat anhidrat mampu meningkatkan tegangan putus disebabkan adanya *interfacial adhesion* antara NBR dan PVC.

Pengaruh jumlah kompatibilisir maleat anhidrat terhadap sifat tegangan putus menunjukkan bahwa pada penggunaan maleat anhidrat sebesar 4 phr, kompatibilisir sangat berperan dalam proses pencampuran hal ini ditunjukkan dengan hasil tegangan putus yang cukup baik, sebab terjadi ikatan yang baik antara NBR dan PVC mengakibatkan campuran menjadi lebih kompatibel (Shokri dkk, 2006).

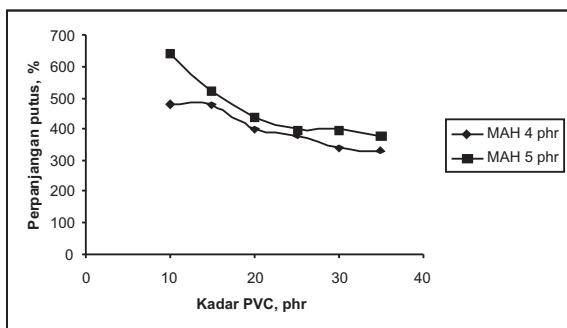
Pada penggunaan maleat anhidrat 5 phr ikatan adhesi antara NBR dan PVC kurang sempurna, kompon kurang kompatibel sehingga nilai tegangan putus sangat berfluktuasi.

### Perpanjangan putus termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Gambar 2. menunjukkan sifat mekanik perpanjangan putus dari termoplastik elastomer NBR/PVC dengan jumlah kompatibilisir (MAH) 4 dan 5 phr. Perpanjangan putus turun sejalan dengan bertambahnya jumlah PVC. Penurunan perpanjangan putus disebabkan termoplastik elastomer menjadi kaku, sebaliknya makin besar jumlah NBR yang ditambahkan perpanjangan putus makin tinggi sebab NBR bersifat elastis.

Bila ditinjau dari jumlah MAH yang ditambahkan, jumlah MAH 4 phr memberikan perpanjangan putus lebih rendah dari pada MAH 5 phr.

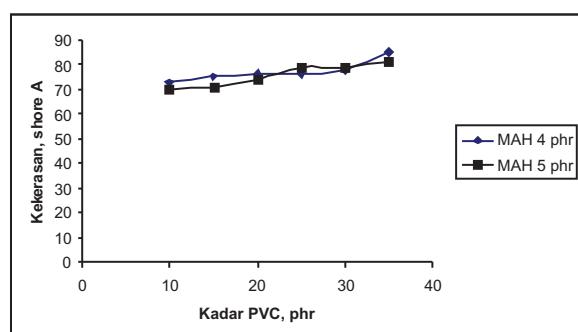
Hasil uji perpanjangan putus yang paling rendah adalah termoplastik elastomer NBR/PVC 65/45 sebesar 340 %.



Gambar 2. Perpanjangan putus termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

### Kekerasan termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Kekerasan merupakan salah satu persyaratan yang dibutuhkan dalam pembuatan barang-barang teknik dengan bahan termoplastik elastomer.



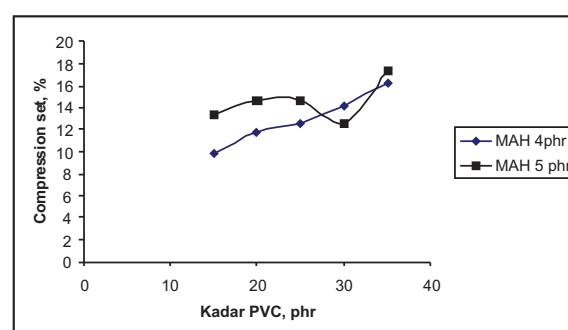
Gambar 3. kekerasan termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

Kekerasan campuran tergantung pada tingkat kekerasan komponen-komponennya. Kekerasan termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH) makin meningkat sejalan bertambahnya jumlah PVC yang ditambahkan, demikian sebaliknya makin besar jumlah NBR kekerasan termoplastik elastomer turun, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Biasanya kekerasan yang diinginkan pada suatu termoplastik elastomer berkisar antara 60 sampai 80 shore A (Bahruddin dkk, 2007). Pada penelitian ini diperoleh kekerasan antara 70 shore A pada ratio NBR/PVC 90/10 dan 90 shore A pada ratio NBR/PVC 65/35. Pada jumlah MAH

yang divariasi memberikan perbedaan terhadap besarnya nilai kekerasan. Pada jumlah MAH 4 phr memberikan kekerasan lebih tinggi dari pada jumlah MAH 5 phr. Kompatibiliser MAH merupakan *reinforcing additives* yang akan menyebabkan kekerasan termoplastik elastomer turun. MAH mempunyai berat molekul dan viskositas rendah berfungsi sebagai *processing aid* (Mulkern dan Beck Tan, 2000).

### Compression set termoplastik elastomer NBR/PVC.

Gambar 4. menunjukkan pengaruh penambahan PVC maupun kompatibiliser (MAH) terhadap sifat *compression set* termoplastik elastomer NBR/PVC. Makin tinggi jumlah PVC yang ditambahkan *compression set* makin tinggi, sedangkan makin besar jumlah NBR yang ditambahkan *compression set* makin kecil atau dapat dikatakan kualitas termoplastik elastomer semakin baik. Bila ditinjau dari jumlah MAH yang ditambahkan pada penambahan MAH 4 phr menghasilkan vulkanisat dengan *compression set* lebih kecil dibandingkan dengan penambahan MAH 5 phr, hal ini menunjukkan campuran lebih homogen dan kompatibel, pembentukkan *crosslink* lebih sempurna, sehingga bila mengalami penekanan akan sedikit mengalami perubahan.



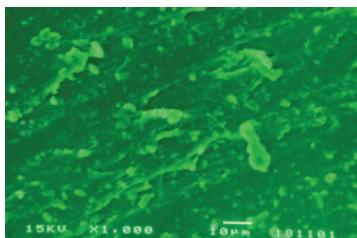
Gambar 4. *Compression set* termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH)

*Compression set* terendah dihasilkan oleh termoplastik elastomer NBR/PVC 90/10 MAH 4 phr, sebesar 9,45%, hal ini terbukti NBR memberikan sifat *compression set* baik.

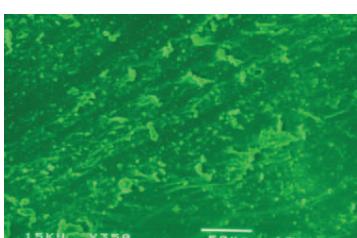
Hal ini didukung pendapat (Passador dkk, 2008) yang melaporkan bahwa vulkanisat dengan jumlah NBR tinggi, mempunyai sifat *compression set* baik.

### Morfologi termoplastik elastomer.

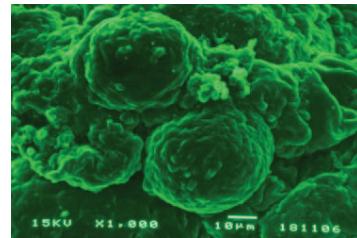
Pengamatan melalui *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk melihat kondisi permukaan (morfologi) vulkanisat dan homogenitas distribusi PVC didalam karet. Pengujian SEM dilakukan menggunakan *metode secondary electron image perbesaran 1000x*. Gambar 5 dan 6 menunjukkan termoplastik elastomer NBR/PVC tanpa kompatibilisir MAH sebelum dan sesudah divulkanisasi tampak tidak bercampur sempurna, tetapi setelah ditambah kompatibilisir MAH sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8 termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH) bercampur lebih homogen. Partikel NBR terdistribusi dalam matriks PVC menjadi ukuran yang lebih kecil. Gambar 7 dan 8 menunjukkan peran kompatibilisir sangat besar yaitu memperkecil ukuran dan meningkatkan ikatan antar fase dalam campuran.



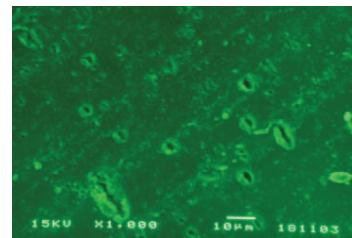
Gambar 5. SEM polipaduan NBR/PVC 90/10) tanpa (MAH) sebelum vulkanisasi perbesaran 1000x



Gambar 6. SEM polipaduan NBR/PVC 90/10) tanpa (MAH) sesudah vulkanisasi perbesaran 1000 x



Gambar 7. SEM polipaduan NBR/PVC 90/10 (MAH 4 phr) sebelum vulkanisasi perbesaran 1000 x



Gambar 8. SEM polipaduan NBR/PVC 90/10 (MAH 4 phr) sesudah vulkanisasi perbesaran 1000 x

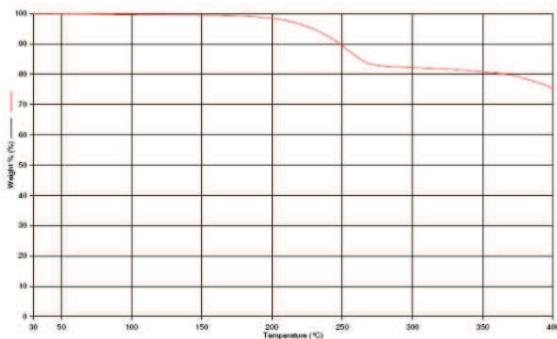
Dengan demikian dapat dikatakan MAH membantu dispersi NBR dalam matriks PVC sehingga terjadi ikatan yang kuat antara NBR dan PVC (Rozik, 2010).

### Analisa termal (TG)

Analisa termal dengan TG untuk melihat titik leleh, suhu awal dekomposisi dan perubahan berat vulkanisat dilakukan pada laju kecepatan 5°C/menit dari suhu kamar (30°C) sampai 400°C. Hasil uji TG disajikan pada Gambar 7 titik leleh vulkanisat berkisar antara 252 °C.

Hal ini menunjukkan termoplastik elastomer bercampur sempurna, hal ini disebabkan titik leleh campuran diatas titik leleh masing-masing bahan.

Onset temperatur dari vulkanisat pada penambahan jumlah PVC 10 phr, telah terjadi dekomposisi vulkanisat sebesar 10 %, sedangkan suhu dinaikkan menjadi 300 - 350 °C terjadi dekomposisi sebesar 20 % sampai dengan suhu 400 °C dekomposisi vulkanisat naik mencapai 25 %.



Gambar 9. Curve TG polipaduan NBR/PVC 90/10(MAH)

### KESIMPULAN

1. Penambahan kompatibiliser maleat anhidrat (MAH) pada pembuatan termoplastik elastomer mampu meningkatkan sifat mekanik tegangan putus dan elongation. Pada penambahan MAH 4 phr terbukti termoplastik elastomer NBR/PVC lebih homogen dan menghasilkan tegangan putus dan elongation lebih tinggi.
2. Makin banyak jumlah kompatibiliser (MAH) ditambahkan kekerasan termoplastik elastomer NBR/PVC turun.
3. Kompatibiliser MAH terbukti dapat meningkatkan homogenitas NBR dan PVC sehingga menghasilkan sifat *compression set* pada termoplastik vulkanisat rendah.
4. Pengamatan morfologi dengan SEM menunjukkan adanya peningkatan *interfacial adhesion* antara NBR dan PVC.
5. Suhu titik leleh dari termoplastik elastomer NBR/PVC (MAH) adalah 252 °C.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bahrudin, Sumarno, G. Wibawa dan N. Soewarno, 2007. Morfologi dan properti campuran karet alam/polypropylene yang divulkanisasi dalam internal mixer. Jurnal Reaktor, Vol 11 No.2, hal: 71-77.
- Hafezi M., Ziae F. and Azim A.R., 2007. Comparison of Physicomechanical Properties of NBR and PVC Blend Cured by sulfur and electron beam. Journal of Elastomer and Plastics Vol 39.
- Ishiaku U.S., Lim F.S. and Mohd I.Z.A., 1999. Mechanical properties and thermooxidative aging of a ternary blend, PVC/ENR/NBR, compared with the binary blends of PVC, Journal Polymer Plastic Technology Eng.,38, 939-954.
- Ismail H., Supri dan Yusof, A. M.M., 2004. Blends of Waste Poly(vinyl chlorida) (PVCw)/Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBR): The effect of maleic anhydride (MAH). Journal Polymer Test. Vol 23, 675-683.
- Mulkern T. J. and Beck Tan NC., 2000. Processing and Characterization of Reactive Polystyrene/Hyperbranched Polyester Blends, Journal Polymer, Vol 41. 3193-3203.
- Nakason, C., Saiwari, S. and Kaesaman, A., 2006. Thermoplastic Vulcanisates Based on Maleated Natural Rubber/Polypropilene Blends: Effect of Blend Ratios on Rheological, Mechanical, and Morphological Properties. Journal Polymer Engineering and Science, 46 hal.594-600.

- Passador F.R., Rodolfo A.Jr. and Pessan L.A., 2008. Dynamic Vulcanization of PVC/NBR Blends. Proceeding of the Polymer Society 24th Annual Meeting-PPS24.
- Rozik, N.N. S.L.A., 2010. *Physical Studies on NBR/Waste PVC. Blends Reinforced with Calcium Carbonate and Carbon Black*. National Research Centre Microwave Physics and Dielectrics. Dep. Physics Section Cairo-Egypt.
- Sabet, S.A. dan Datta, S., 2000. *Thermoplastic Vulcanizates*, in Paul, D.R. & C.B. Bucknall Ed. Polymer Blends, Vol.2, John Wiley & Sons, hal. 517-555.
- Shokri A.A., Bakhshandeh G.R. and Darestani FarahaniT., 2005. Effect of anhydride additives on mechanical and rheological Properties of NBR/PVC Blends. Proceeding of the 8 th Polymers for Advance Technologies International Symposium Budapest, Hungary.
- Shokri A.A., Gholamreza Bakhshandeh dan Tahereh Darestani Farahani, 2006. An Investigation of Mechanical anf Rheological Properties of NBR/PVC Blends: Influence of Anhydride Addives, Mxing procedure and NBR Form. Iranian Polymer Journal 15 (3).