

# Studi Eksperimen Komposit *High Density Polyethelene* (HDPE) Limbah Berpenguat Serat Cantula (*Agave Roxb*) Terhadap Sifat Thermal

Siswanto<sup>1</sup>, Teguh Wiyono<sup>2</sup>

<sup>1&2</sup> Program Studi Teknik Mesin Politeknik Pratama Mulia Surakarta  
siswanto.politama@gmail.com

## ABSTRACT

Research on experimental studies of High Density Polyethylene (HDPE) composite waste with cantula fiber reinforcement (*Agave Roxb*) on thermal properties aims to determine the effect of exposure on changes in the thermal properties of composites. The composite specimens were exposed in an open location and then tested for thermal properties using Thermogravimetric analysis (TGA) and Fourier Transformer Infra Red (FTIR). Composite using waste material High Density Polyethylene (HDPE) with mesh 40-60, reinforcement using 10 mm long *Agave Roxb* fiber. Mixing the ingredients using a mixer at 200 rpm for 10 minutes, during the mixing process is added 0.5 wt% isopropyl liquid. Composites were made by pressing the press on a hot press at a pressure of 30 bar, temperature of 1200 C for 15 minutes. Composites were cut into specimens and then exposed for 90 days with an exposure angle of 60°, exposure using the ASTM D 1345 standard. The results of thermal testing with FTIR obtained a spectral graph that exposure causes loss of the Nitrile (R - C≡N) functional group in the composite, causing the polymer bond chain to be broken and resulting in a decrease in the strength of the composite. The results of sample testing using TGA on samples without exposure resulted in good geometrical thermal stability properties because until the temperature of 400°C the mass of the sample decreased there was still 90% when compared to the exposure treatment, the sample mass decreased and 81% remained. DTA testing of samples with exposure to the glass transformation phase had a lower heat absorption, while the liquid phase and the composite decomposition phase with exposure had higher heat absorption.

**Keywords:** komposit HDPE berpenguat serat *Agave Robe*, pengujian thermal

## I. PENDAHULUAN

Penelitian material komposit polimer berpenguat serat alam dewasa ini banyak dilakukan oleh para peneliti. Komposit serat mempunyai banyak keunggulan sehingga komposit serat yang paling banyak dipakai, penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya.

Material komposit dengan memanfaatkan polimer plastik limbah sebagai matrik banyak di kembangkan. Sampah plastik terdiri dari berbagai jenis plastik diantaranya jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl Chloride* (PVC botol), *Polyvinyl Chloride* (PVC Film), *Styrofom*, dan *Polyethylene Terphthalate* (PET). Sampah plastik di Jakarta tahun 2002 mencapai 9% (400 ton perhari) dari jumlah sampah Indonesia. Jumlah tersebut 3% (12 ton perhari) adalah sampah plastik HDPE (Sahwan, 2005)

HDPE merupakan salah satu jenis polimer termoplastik yang mulai banyak di kembangkan oleh industri. Termoplastik lebih ramah lingkungan karena memiliki sifat dapat didaur ulang. Pengembangan termoplastik dalam industri adalah untuk mengurangi terhadap penggunaan bahan baja. Sifat lain dari polimer termoplastik adalah memiliki sifat degradasi dan ketahanan panas, cahaya, dan kimia.

Ketahanan material komposit sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan kondisi alam seperti radiasi ultraviolet, kelembaban, dan fluktuasi suhu. Taib (2010) mengungkapkan bahwa komposit daur ulang HDPE-WF dengan diberikan paparan 500,1000,1500,2000 jam akan mengakibatkan terjadinya retak-retak permukaan, meningkatnya karbonil serta menurunnya sifat lentur, Sedangkan pemakaian photo stabilisator UVA dalam komposit dapat memperlambat terjadinya penurunan modulus lentur dibandingkan dengan photo stabilisator HALS.

Onggo Holia dan Pujiastuti Sri (2010) meneliti tentang komposit PP-serat kenaf yang diberi perlakuan weathering test selama 5,5 bulan maka setelah di uji komposit tersebut kadar lignin menurun dan kadar karbonil meningkat selama penjemuran serta penurunan kekuatan komposit. Komposit polimer low density polyethylene (LLDP) berpenguat pati sagu diberikan perlakuan weathering menunjukkan bahwa kemampuan komposit memiliki kemampuan penyerapan lebih tinggi yang berakibat pada menurunnya sifat mekanik dan membuat komposit rentan terhadap jamur (Danjaji, 2001).

Aplikasi material komposit dalam berbagai keperluan konstruksi kendaraan menyebabkan ketahanan masing-masing material komposit akan berbeda. Proses paparan alam karena pengaruh lingkungan sangat berpengaruh terhadap perubahan sifat mekanik

komposit. Komposit polimer HDPE - serat cantula random merupakan salah satu alternatif pengembangan di bidang polimer untuk aplikasi pada body kendaraan. Penelitian tentang perubahan sifat mekanik material komposit HDPE – serat cantula acak akibat proses weathering sangat penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap penurunan sifat mekanik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Material Komposit

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu matrik yang berfungsi sebagai pengikat serat, dan serat (*fiber*) yang berfungsi sebagai penguat. Matrik harus memiliki kompatibilitas yang baik dengan serat. Beberapa jenis matrik polimer yang sering digunakan ialah *thermoset* (*Polyester, Epoxy, Phenolics*, dan *Polyamids*) dan matrik polimer *thermoplast* (*Polyethylene, Polypropylene, Nylon, Polycarbonate*, dan *Polyether-Ether Keton*).

Fungsi penting matrik dalam material komposit adalah sebagai berikut:

1. Mengikat serat dan mentransfer beban ke serat sehingga menghasilkan kekakuan dan membentuk struktur komposit.
2. Mengisolasi dan melindungi serat sehingga dapat memperlambat penyebaran retakan serta melindungi pengaruh kimia maupun kerusakan mekanik.

Penggunaan serat memiliki fungsi utama yaitu untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Bentuk serat ada dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek, bahan pengisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit. Keuntungan material komposit dibandingkan dengan material lain adalah kemampuan material tersebut dapat dibentuk dan diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang dikehendaki, hal ini dinamakan "*tailoring properties*". Kelebihan komposit dibandingkan dengan material lain yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya (Fandhy 2007).

### B. Plastik HDPE Limbah Botol

Sifat plastik HDPE secara umum adalah tahan terhadap zat kimia (misalkan minyak, deterjen), ketahanan impak cukup baik, memiliki ketahanan terhadap suhu, tidak tahan terhadap sinar matahari. Plastik HDPE banyak digunakan di industri adalah sebagai bahan baku sejumlah produk plastik seperti botol kosmetik, obat, minuman, tutup plastik, jerigen pelumas, cairan kimia.

Plastik HDPE sebagai bahan baku kemasan botol dalam proses pembuatan di industri diberikan zat lain

(*additif*) yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas bahan botol dan meningkatkan keenceran sehingga mudah dibentuk dan warna penampilan. Bahan *additif* yang sengaja ditambahkan itu dikelompokkan sebagai komponen nonplastik, berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap cahaya ultraviolet, penstabil panas, penurun viskositas, penyerap asam, pengurai peroksida, pelumas, peliat dan lain-lain (Sulchan dan Nur 2007). Penggunaan *additif* memiliki kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya migrasi atau berpindahnya zat monomer dari bahan plastik ke dalam makanan atau produk yang dikemas. Monomer yang perlu diwaspadai yaitu *Vinil Clorida, Acrylonitril, Metacrylonitril, Vinylidene Clorida* serta *Styrene*. Penambahan *additif* juga akan memberikan perubahan sifat dari plastik, sifat plastik HDPE limbah memiliki sifat yang berbeda jika dibandingkan dengan plastik HDPE murni. Pengaruh dari penambahan unsur zat tersebut adalah pada sifat dari plastik HDPE yaitu antara lain HDPE *density* 0,96 g/cm<sup>3</sup> (Stark dkk. 2003 dan Taib dkk. 2010), titik leleh 128,5 °C (Mengelglu 2008).

### C. Serat Cantula

Serat *Cantula* merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman *Agave Cantula Roxb* yang termasuk dalam keluarga *Agavaceae*. Tanaman *Agave Cantula* yang memiliki nama lain *Agave Candalabrum, Agave Rumphii* maupun *Manila Maguey* ini banyak tumbuh di daerah tropis, baik di Asia, Afrika maupun Amerika. Sebagaimana tanaman sejenisnya dalam keluarga *Agavaceae*, *Agave Cantula* tidak memiliki batang yang jelas, dan memiliki daun yang kaku dengan panjang 100-175 cm dengan duri di sepanjang tepi daunnya. Serat *Cantula* memiliki *density* 1,215 gr/cm<sup>3</sup> dan memiliki kandungan *Cellulose* yang cukup tinggi, yakni 64,23%, hal ini menunjukkan bahwa serat ini berpotensi sebagai bahan penguat komposit polimer (Prabowo 2004).

### D. Pengujian Komposit terhadap sifat Thermal

#### 1. Pengujian FTIR

*Spektroskopi FTIR* merupakan suatu metode analisis yang dipakai untuk karakterisasi bahan polimer dan analisis gugus fungsi dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Infra merah didefinisikan sebagai daerah yang memiliki panjang gelombang dari 1-500 cm<sup>-1</sup>. Setiap gugus dalam molekul umumnya mempunyai karakteristik sendiri sehingga *Spektroskopi FTIR* dapat digunakan untuk mendeteksi gugus yang spesifik pada polimer.

#### 2. Pengujian TGA/DTA

*Termogravimetric Analysis* (TGA) memiliki prinsip dasar pada perubahan berat akibat pemanasan, sedangkan *Diferential thermal analysis* (DTA) didasari pada perubahan kandungan panas akibat perubahan

temperatur dan titrasi termometrik. Proses pengujian DTA panas diserap atau diemisikan oleh sistem kimia bahan yang dilakukan dengan pembanding yang inert (alumina, silikon, karbit atau manik kaca) karena suhu keduanya ditambahkan dengan laju yang konstan. Penambahan panas dicatat pada *recorder*, panas ini digunakan untuk mengganti kekurangan atau kelebihan sebagai akibat dari reaksi endotermis atau eksotermis yang terjadi dalam sampel. Data yang diperoleh dari masing-masing teknik tersebut digunakan untuk memplot secara kontinyu dalam bentuk kurva yang dapat disetarakan dengan suatu spektrum yang dikenal dengan sebagai termogram.

### III. METODOLOGI

#### A. Bahan Penelitian

Matrik komposit menggunakan HDPE limbah botol kosmetik yang digiling dan diayak mesh 40-60. Penguat menggunakan serat cantula yang dipotong-potong panjang 10 mm.

#### B. Pembuatan Spesimen

Matrik HDPE dan serat cantula dicampur menggunakan mixer dengan putaran 200 rpm selama 10 menit. Selama pencampuran bahan ditambahkan isopropil alkohol 5 wt%. Bahan setelah di campur kemudian dicetak tekan menggunakan mesin *hotpress* tekanan 30 bar temperatur 120 °C selama 15 menit. Komposit dipotong ukuran 130 x 12,7 mm.

#### C. Pemaparan (*Weathering*).

Pemaparan spesimen di wilayah Kecamatan Jumantono kabupaten Karangayar Surakarta. Perlakuan pemaparan menggunakan standar ASTM D 1345, komposit dipaparkan ditempat terbuka dimana spesimen terkena semua efek lingkungan seperti penyinaran matahari, hujan, angin dan sebagainya. Lama pemaparan 3 bulan dilakukan di bulan september-desember 2012 dengan sudut pemaparan spesimen 60°. arah pemaparan spesimen terhadap penyinaran matahari adalah menghadap barat daya.

#### D. Pengujian sifat Thermal komposit

##### 1. Pengujian sifat thermal dengan FTIR

Pengujian thermal dengan FTIR (*Fourier Transformer Infra Red*) dilakukan untuk mengetahui karakterisasi bahan polimer dan analisis gugus fungsi. Metode ini dilakukan dengan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Infra merah didefinisikan sebagai daerah yang memiliki panjang gelombang dari 1-500 cm<sup>-1</sup>.

##### 2. Pengujian sifat thermal dengan TGA/DTA

Pengujian thermal dengan (*Termogravimetric analysis*), yaitu memiliki prinsip dasar pada perubahan berat sampel akibat pemanasan. Pengujian sifat thermal

dengan DTA (*Diferential thermal analysis*) didasari pada perubahan kandungan panas akibat perubahan temperatur dan titrasi termometrik. Suhu pengoperasian TGA/DTA antara 30°C–400°C dengan kecepatan pemanasan 5°C/menit, pembakar menggunakan gas oksigen. Pengujian *thermal* dilakukan di lab. Akademi Teknik Kulit Yogyakarta.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemaparan (*Weathering*).

Waktu pemaparan sampel dilakukan pada bulan September sampai bulan Desember 2012. Prosentase penyinaran matahari tertinggi terjadi di bulan September (92,3%) dan terendah pada bulan Desember (62,4%). Curah hujan mengalami perubahan yang tajam dengan curah hujan terendah (0 mm) pada bulan September, bulan Nopember curah hujan mulai meningkat (298 mm) dan bulan Desember curah hujan kembali mengalami penurunan (11,3 mm). Kelembaban udara menunjukkan grafik kenaikan dari bulan September 68% menjadi 82,3% pada Desember. Temperatur bulan September sampai Desember menunjukkan temperatur yang stabil dengan rata-rata 27 °C.

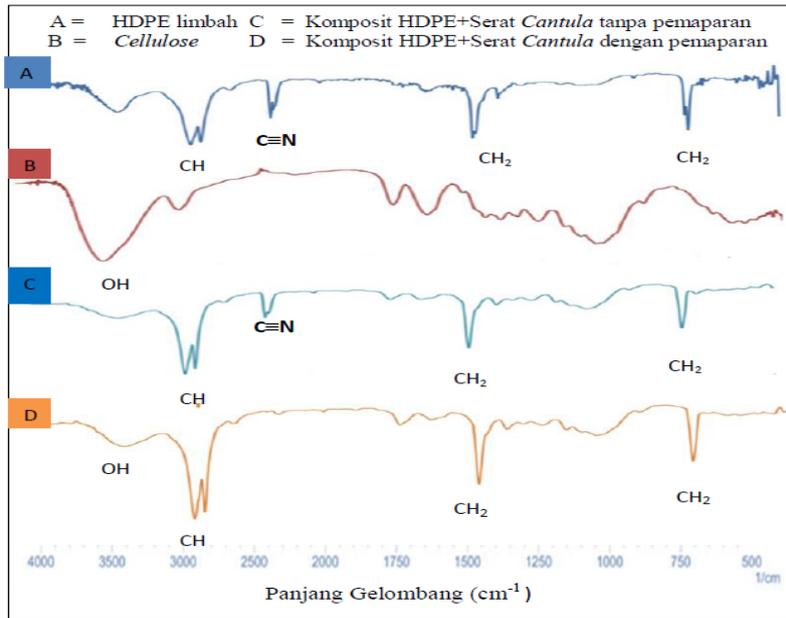
#### B. Analisis thermal dengan FTIR

Intensitas penyinaran dan lama penyinaran berdampak pada kerusakan gugus fungsi. Spektra FTIR HDPE, *Cellulose* dan komposit (Gambar 1) menunjukkan terdapatnya gugus fungsi *Nitrile* (R–C≡N) pada spektrum 2360,67 cm<sup>-1</sup>, keberadaan senyawa gugus fungsi *Nitrile* merupakan pengaruh dari *additif* yang diberikan dalam plastik HDPE. Senyawa gugus fungsi *Nitrile* juga muncul pada spektra FTIR uji sampel bensin dan spiritus pada bilangan gelombang 2225,7 cm<sup>-1</sup> (Anam dkk. 2007). *Additif* diberikan pada material (HDPE) bertujuan untuk meningkatkan daya tahan terhadap bahan kimia, minyak, pelarut, panas dan abrasi. Efek penyinaran menimbulkan kerusakan sebagian gugus fungsi pada komposit.

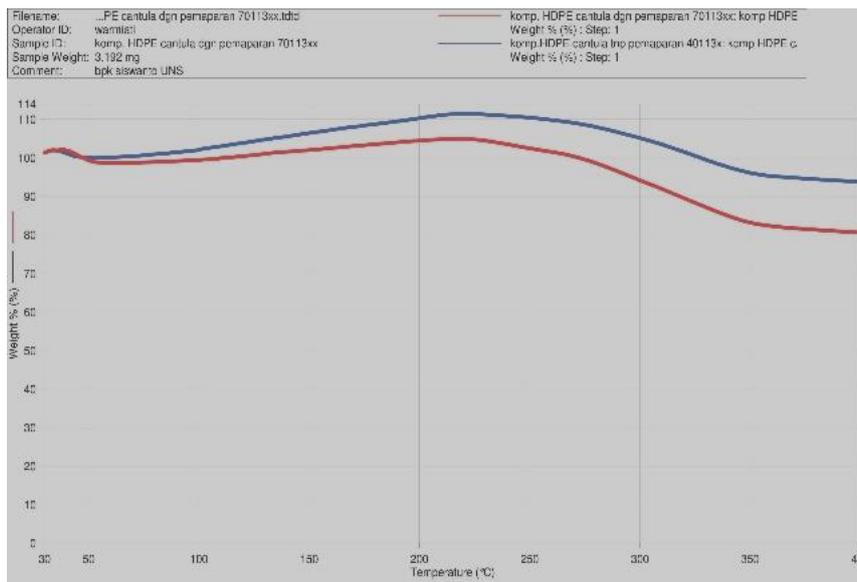
Komposit dengan sudut pemaparan 60° mengalami intensitas penyinaran matahari lebih tinggi pada kedua permukaan sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan gugus fungsi *Nitrile* (R–C≡N).

Spektra FTIR komposit tanpa pemaparan dan spektra komposit dengan pemaparan terdapat perbedaan puncak spektrum yang terjadi. Gambar spektra FTIR tidak terdapatnya gugus karbonil disebabkan HDPE yang digunakan bukan HDPE murni melainkan HDPE limbah kemasan diberikan *additif* oleh produsen. Spektra FTIR pada komposit tanpa pemaparan (Gambar 1C) terdapat gugus fungsi *Nitrile* pada puncak 2360,67 cm<sup>-1</sup>. Secara umum gugus fungsi *Nitrile* terdapat pada serapan bilangan gelombang antara 2200 cm<sup>-1</sup> sampai 2400 cm<sup>-1</sup>. Spektra FTIR komposit dengan pemaparan

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada puncak 2350  $\text{cm}^{-1}$  tidak terdapatnya gugus fungsi *Nitrile* ( $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ).



Gambar 1 Spektra FTIR komposit HDPE-serat



Gambar 2 Grafik pengujian TGA

Pemaparan berpengaruh terhadap kehilangan gugus fungsi *Nitrile* ( $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ) pada komposit sehingga menyebabkan terputusnya rantai ikatan polimer dan mengakibatkan menurunnya kekuatan komposit. Spektra FTIR tidak terdapat gugus karbonil, hal tersebut disebabkan HDPE yang digunakan adalah HDPE limbah kemasan yang sebelumnya di berikan *additif* oleh produsen pembuat botol tersebut. Analisa FTIR terhadap gugus fungsi dan bilangan gelombang ditunjukkan pada

Tabel 1.

Tabel 1 Bilangan gelombang dan gugus fungsi pada spektra FTIR HDPE, *cellulosa* dan komposit

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Keterangan senyawa
721,38	CH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> <i>Rocking vibration</i>
1467,83	CH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> <i>Deformation (scissor vibration)</i>
2360,67	Nitrile	R-C≡N <i>Stretching</i>
2920,23	CH	CH <i>Stretching</i>
3408,22	OH	OH <i>Stretch hidrogen bond</i>

**C. Analisis thermal dengan TGA**

Data massa sampel pada spesimen komposit tanpa pemaparan dan komposit dengan pemaparan pada pengujian TGA di tunjukkan pada tabel 2. Pada temperatur antara 30°C–100°C tidak terjadi perubahan massa yang signifikan, kestabilan thermal belum ada perubahan. Pada suhu 100°C–225°C terjadi perubahan kenaikan prosentase massa, perubahan tersebut terjadi akibat reaksi sampel dengan oksigen yang berfungsi sebagai oksidator. Hasil reaksi antara sampel dengan oksigen menyebabkan terbentuknya oksida dan prosentase massa meningkat (Lee., 2009).

Gambar 2 pada pengujian TGA menunjukkan bahwa pada suhu 225°C–400°C terjadi perubahan penurunan prosentase massa sampel dari prosentase massa

sebelumnya (100%) menjadi prosentase massa 90% (komposit tanpa pemaparan) dan penurunan menjadi 81% (komposit dengan pemaparan).

**D. Analisis thermal dengan DTA.**

Data pengujian *thermal* dengan DTA ditunjukkan pada

Temp. (°C)	% Massa Komposit		Keterangan
	Tanpa pemaparan cuaca	Dengan pemaparan cuaca	
60	100	97	-
100	101	100	Timbulnya oksida(reaksi sampel-oksigen)
225	113	105	-
350	96	83	-
400	90	81	-

Tabel 3. Sampel tanpa pemaparan cuaca dan sampel dengan pemaparan cuaca pada suhu 140°C mulai terjadi perubahan *transformasi gelas* dimana sampel mengalami fase lunak (Gambar 3).

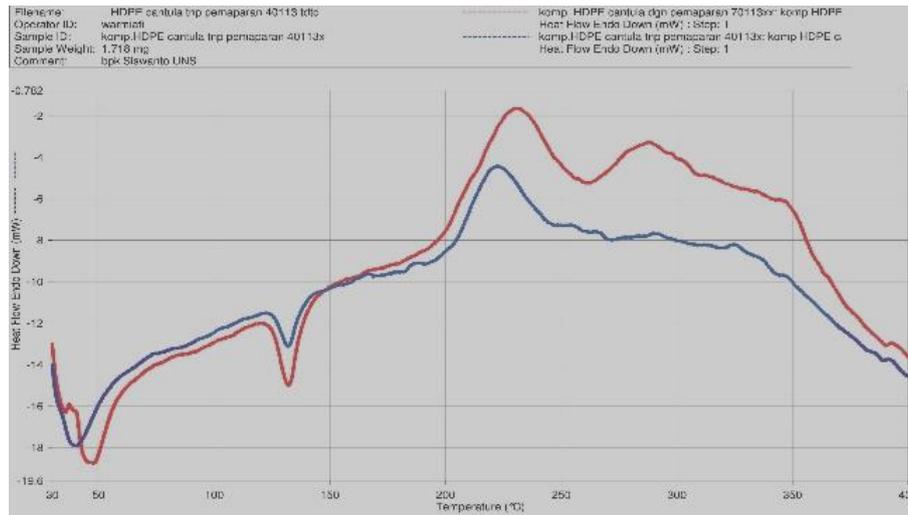
Pada daerah indotermis menunjukkan bahwa komposit tanpa pemaparan memiliki sifat lebih menyerap terhadap panas jika dibandingkan dengan komposit dengan pemaparan.

Tabel 2 Hasil pengujian TGA

Temp. (°C)	% Massa Komposit		Keterangan
	Tanpa pemaparan cuaca	Dengan pemaparan cuaca	
60	100	97	-
100	101	100	Timbulnya oksida(reaksi sampel-oksigen)
225	113	105	-
350	96	83	-
400	90	81	-

Tabel 3 Data Pengujian DTA

Tanpa Pemaparan		Dengan Pemaparan	
(°C)	Keterangan	(°C)	Keterangan
30-125	Indotermis, penguapan air	50-125	Indotermis, penguapan air
125-140	Transisi gelas, fase lunak	125-150	Transisi gelas, fase lunak
140-225	Eksotermis, fase pelelehan	150-230	Eksotermis, fase pelelehan
225-400	Dekomposisi	230-400	Dekomposisi
285	Pemutusan silang	275	Pemutusan silang



Gambar 3 Grafik pengujian DTA

Temperatur 160°C terjadi perubahan sifat komposit yaitu komposit tanpa pemaparan memiliki penyerapan panas yang lebih kecil. Pada suhu 150°C adalah puncak endotermis dimana awal terjadi pelelehan sampel sampai pada suhu 225°C adalah puncak eksotermis dimana akhir terjadinya pelelehan, pemutusan silang terjadi pada puncak eksotermis. Suhu 275°C terjadi dekomposisi sampel sampai suhu 400°C. Reaksi *differential thermal analysis* sampel menunjukkan bahwa reaksi sampel komposit dengan pemaparan pada fase *transformasi gelas* memiliki penyerapan panas lebih rendah, sedangkan pada fase cair komposit dengan pemaparan memiliki penyerapan panas lebih tinggi.

## V. KESIMPULAN

Pemaparan berpengaruh terhadap kehilangan gugus fungsi *Nitrile* ( $R-C\equiv N$ ) pada komposit sehingga menyebabkan terputusnya rantai ikatan polimer dan mengakibatkan menurunnya kekuatan komposit. Analisis TGA sampel tanpa pemaparan mempunyai kestabilan termal yang baik karena sampai suhu 400°C massa penurunan masih tersisa 90% jika dibandingkan dengan sampel dengan pemaparan yaitu 81%. Sampel tanpa pemaparan memiliki kestabilan *thermal* secara geometri masih lebih baik yaitu tinggal 90%.

Analisis pengujian DTA sampel komposit dengan pemaparan pada fase *transformasi gelas* memiliki penyerapan panas lebih rendah, sedangkan pada fase cair dan fase dekomposisi komposit dengan pemaparan memiliki penyerapan panas lebih tinggi.

## REFERENSI

Annual Book of Standards, D 1435-95, "Standar Practice For Outdoor Weathering of Plastics", ASTM,2002

Annual Book of Standards, D 67-97, "Standar Practice For Atmospheric Environmental Exposure testing of Non Metallic Material", ASTM,2002.

Danjaji I.D., R. Nawang, US Ishaku, H. Ismail, Zam Mohd Ishak, 2001, "Degradation Studies and Moisture Uptake of Sago-Starch-Filled Linear Low-Density Polyethylene Composites", *Polymer Testing* 21 (2002) 75–81, Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Lee Sun Young, dkk, 2009, "Influence of Mechanical Modification and Filler Loading on Fundamental Properties of Bamboo Fibers reinforced Polypropylene Composites", SAGE Published.

Onggo Holia, dkk, 2010, "Effect of Weathering on Functional Group and Mechanical Properties of polypropylene-kenaf Composite", Research Centre for physics ( P2F) LIPI, Bandung.

Sahwan F.L., Dkk, 2005, "Sistim Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia", Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, P3TL-BPPT, Indonesia.

Taib R.M, etc all, 2010, "Effect Of Photo On The Properties Of Recycled High Densyty Polyethylene ( HDPE) Wood Flour ( WF) Composites Exposed to Natural Weathering, School Of Material And Mineral Engineering", Universiti sains malaysia

Wang M.W, etc All, 2009, "Sintering Process and Mechanical Property of MWCNTs/HDPE Bulk Composite, Departement of Mechanical Engineering", Oriental Institute of technology pan-Chuw Taipei Hsien, Taiwan.