

# SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER *BLEND* POLI BUTILEN SUKSINAT/POLI ETILEN TEREFALAT

## (SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYBUTYLENE SUCCINATE/POLYETHYLENE TEREPHTHALATE POLYMER BLENDS)

Arie Listyarini, Agustina A. Cahyaningtyas, Evana Yuanita dan Guntarti Supeni

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI  
Jl. Balai Kimia No.1, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur

E-mail : me.aurora.2646@gmail.com

Received 22 Juli 2013; revised 17 September 2013; accepted 18 September 2013

### ABSTRAK

Penelitian tentang pembuatan komposit PBS yang bersifat *biodegradable* dengan polimer poliester sintetis (PET) telah dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi masalah lingkungan akibat penggunaan plastik sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh polimer *blend* yang bersifat *biodegradable* dan mempelajari kompatibilitasnya. PET dan polimer *biodegradable* polibutilen suksinat (PBS) dicampur dengan metode *blending* menggunakan *extruder rheomix* Haake. Variasi yang dilakukan adalah variasi komposisi PBS sebesar 2%, 5% dan 10%. Karakterisasi bahan baku dan masing-masing sampel dari berbagai variasi pembuatan dilakukan dengan FT-IR, SEM, dan sifat termal (STA/TG, DSC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrum polimer *blend* pada bilangan gelombang 1955,82  $\text{cm}^{-1}$  diperoleh yang menunjukkan adanya gugus benzena PET pada polimer *blend*, meningkatnya nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya jumlah PBS dalam polimer *blend*, dan analisis pencampuran yang sempurna dari PET dan PBS menjadi satu matriks/fasa. Hasil analisis DSC juga menunjukkan adanya sedikit kenaikan kristalinitas polimer *blend* dengan jumlah PBS 2%, penurunan titik leleh PET sebanding dengan bertambahnya jumlah PBS dan akan naik kembali ketika jumlah PBS 10%.

Kata kunci: Polimer *blend*, Polibutilen suksinat, Polietilen tereftalat.

### ABSTRACT

Preparation of *biodegradable* PBS with synthetic polyester polymer (PET) was carried out to reduce the environmental problems caused by the use of synthetic plastic. This research aim is to obtain a *biodegradable* polymer blend and to study their compatibility. PET and *biodegradable* polybutylene succinate (PBS) mixed using *blending* method using Haake *extruder rheomix*. Variation of the composition of PBS used were 2%, 5%, and 10%. The samples were characterized by FT-IR, SEM, and thermal properties (STA/TG, DSC). The results show that FT-IR spectrum of the polymer blend at wave numbers 1955.82  $\text{cm}^{-1}$  indicating benzene groups of PET in the polymer blend. Hardness of polymer blend increase by increasing number of PBS in the polymer blend. In meanwhile, observation of surface morphology show homogenous PET and PBS into one matrix/phase. DSC analysis show a slight increasing crystallinity of the polymer blend with the number of PBS 2%, the melting point of PET tends to decrease by increasing number of PBS and increase by number of PBS 10%, as well as for the energy required.

Key words: polymer blend, polybutylene succinate, polyethylene terephthalate

### PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk mengurangi masalah lingkungan akibat penggunaan plastik sintetis yang saat ini sedang berkembang pesat adalah penggunaan polimer yang bersifat *biodegradable*. Menurut Matsumura (2005), material polimer *biodegradable* sudah banyak dikembangkan berdasarkan berbagai jenis

faktor, seperti struktur polimer, modifikasi kimia/enzimatis, *blending*, dan perlakuan mekanik. Faktor-faktor tersebut berhubungan dengan mekanisme biodegradasinya. Beberapa jenis polimer *biodegradable* yang sudah banyak diproduksi adalah asam polilaktat (PLA), polihidroalkanates (PHAs), polibutilen suksinat (PBS), dan polimer berbahan baku pati, seperti jagung, kentang, dan sagu. Salah satu polimer

*biodegradable* sintetik adalah polibutilen suksinat atau PBS. PBS diproduksi dari hasil reaksi polikondensasi glikol seperti etilen glikol dan butanediol-1,4, dengan asam dikarboksilat alifatik seperti asam suksinat dan asam adipat (Fujamaki 1998). PBS biasa dikenal dengan nama *Biodegradable Aliphatic Polyester* ("Bionolle") ini bersifat termoplastik dengan titik leleh sebesar 90 – 120 °C, suhu transisi gelas sekitar -45 – 10 °C. PBS mempunyai nilai kekerasan berkisar antara 70 – 100. PBS dapat diproses dengan menggunakan mesin proses poliolefin pada suhu 160 – 200 °C menjadi berbagai macam produk (Fujamaki 1998). Permasalahan utama yang muncul dari biopolimer polibutilen suksinat menurut Fujamaki (1998) pada kemasan pangan adalah masih diperlukan pengembangan penelitian untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik yang dimiliki oleh biopolimer ini, seperti ketahanan pada gas oksigen.

Berbagai penelitian saat ini mengenai polimer *blend* atau poliblend dari PBS telah dikembangkan (Listyarini 2008; Pivsa-Art 2013; Frollini 2013; Imre 2013; Tsi 2009). Poliblend adalah suatu campuran dua atau lebih polimer dengan metode *blending* (Nikham dkk 2000). Menurut Nikham dkk (2000), poliblend menunjukkan sifat-sifat unggul melebihi komponen murninya, seperti kekuatan, lebih fleksibel, tahan terhadap pengaruh lingkungan, dan sifat-sifat lain yang disyaratkan. Hingga saat ini poliblend yang bersifat *biodegradable* atau biopolimer *blend* masih terus dikembangkan, hal ini dikarenakan keuntungan yang didapat selain memperbaiki sifat – sifat mekanis dan aman bagi lingkungan, serta memiliki biaya produksi yang lebih rendah daripada polimer *biodegradable* murni itu sendiri.

Mengingat hal tersebut di atas, perlu dilakukan penelitian mencampur PBS yang bersifat *biodegradable* dengan polimer poliester sintetik (PET) dengan metode *blending* dan mempelajari kompatibilitasnya.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Pada penelitian ini digunakan polibutilen suksinat (PBS) atau bionolle yang diperoleh dari Showa *High Polymer* Jepang dan polietilen tereftalat (PET) dari PT Kharisma.

### Metode

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

### a. Pembuatan Polimer *Blend* PBS-polietilen tereftalat (PET)

PET dicampur dengan polimer *biodegradable* polibutilen suksinat (PBS) dengan metode *blending* menggunakan *extruder rheomix* Haake pada suhu 270 °C yang merupakan suhu titik leleh PET. Waktu kontak antara resin PET dan PBS diusahakan tidak terlalu lama karena dapat membuat PBS menjadi gosong yang mengakibatkan hasil polimer *blend* berwarna hitam. Pada penelitian ini didapatkan waktu optimum 5 menit. Variasi yang dilakukan adalah variasi komposisi PBS sebesar 2%, 5% dan 10%. Sebelum proses *blending*, PET dan PBS dikeringkan dalam oven vakum pada suhu 60°C dengan tekanan vakum 76 mmHg untuk menghindari proses pemotongan rantai oleh reaksi hidrolitik akibat adanya air.

### b. Karakterisasi

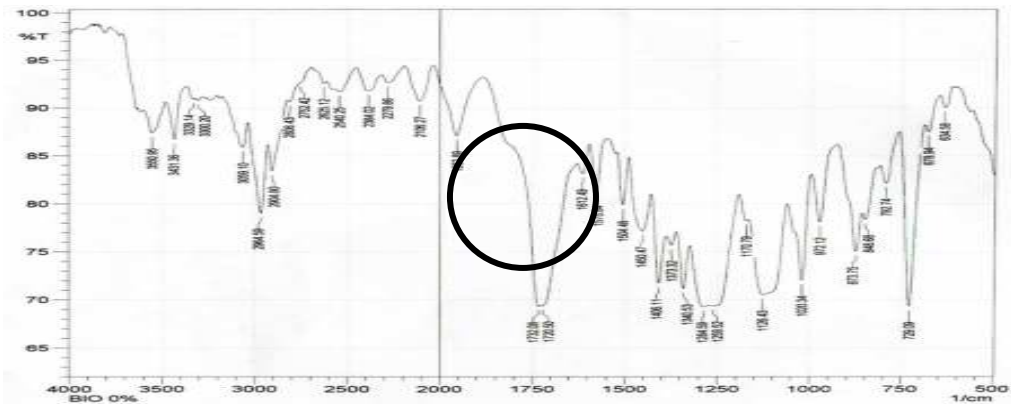
Bahan baku dan masing-masing sampel dari berbagai variasi pembuatan diamati morfologinya dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*, diamati perubahan-perubahan gugus fungsinya dengan pengujian *FT-IR*, diuji sifat kekerasannya dengan uji *hardnes*, dan sifat termalnya menggunakan *DSC*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

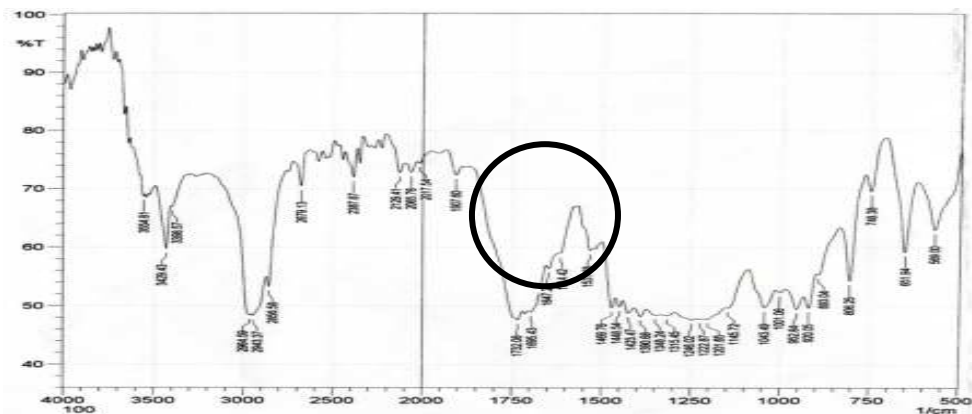
Terjadinya perubahan-perubahan gugus fungsi baik pengurangan atau penambahan dari polimer *blend* dibandingkan dengan polimer murni (PET dan PBS) dilakukan pengujian *FT-IR* yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Perbedaan yang nyata dari kedua struktur kimia antara PBS dan PET adalah terletak pada gugus benzena. Hal ini dapat dilihat pada spektrum di bilangan gelombang sekitar 1955 cm<sup>-1</sup>. Pada spektrum PBS tidak ditemui spektrum pada bilangan gelombang 1955 cm<sup>-1</sup> (Gambar 2) sedangkan pada spektrum PET ditemui spektrum pada bilangan gelombang 1953,89 cm<sup>-1</sup> (Gambar 1).

Begitu juga pada spektrum polimer *blend* pada bilangan gelombang 1955,82 cm<sup>-1</sup> dijumpai spektrum yang menandakan kalau terdapat gugus benzena dari PET pada polimer *blend*.

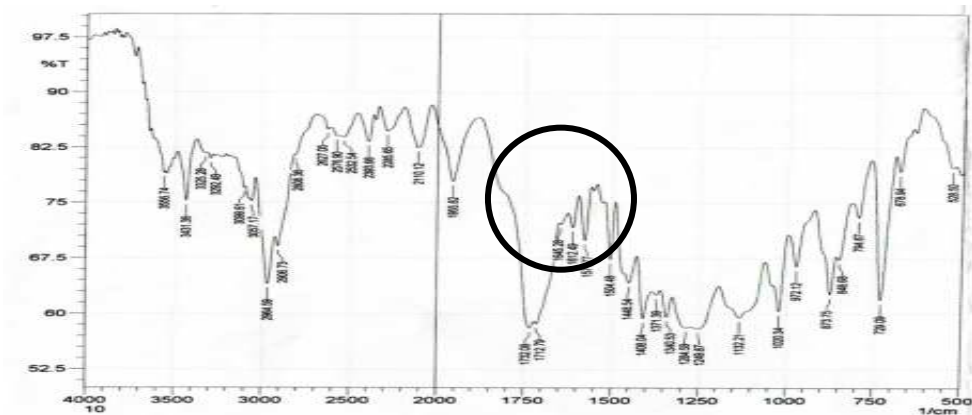
Untuk membandingkan sifat kekerasannya maka dilakukan uji *hardness* sesuai dengan ASTM E 23. Hasil kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.



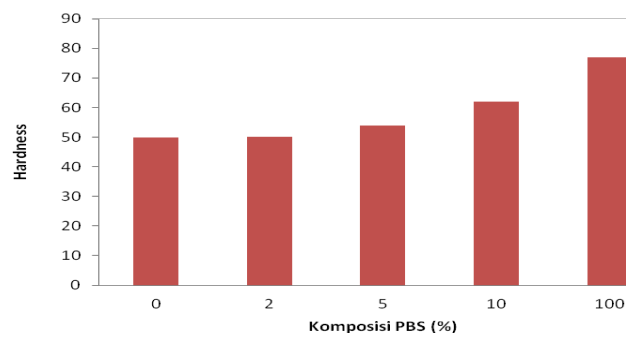
Gambar 1. Spektrum FT-IR dari PET



Gambar 2. Spektrum FT-IR dari PBS



Gambar 3. Spektrum FT-IR dari polimer blend



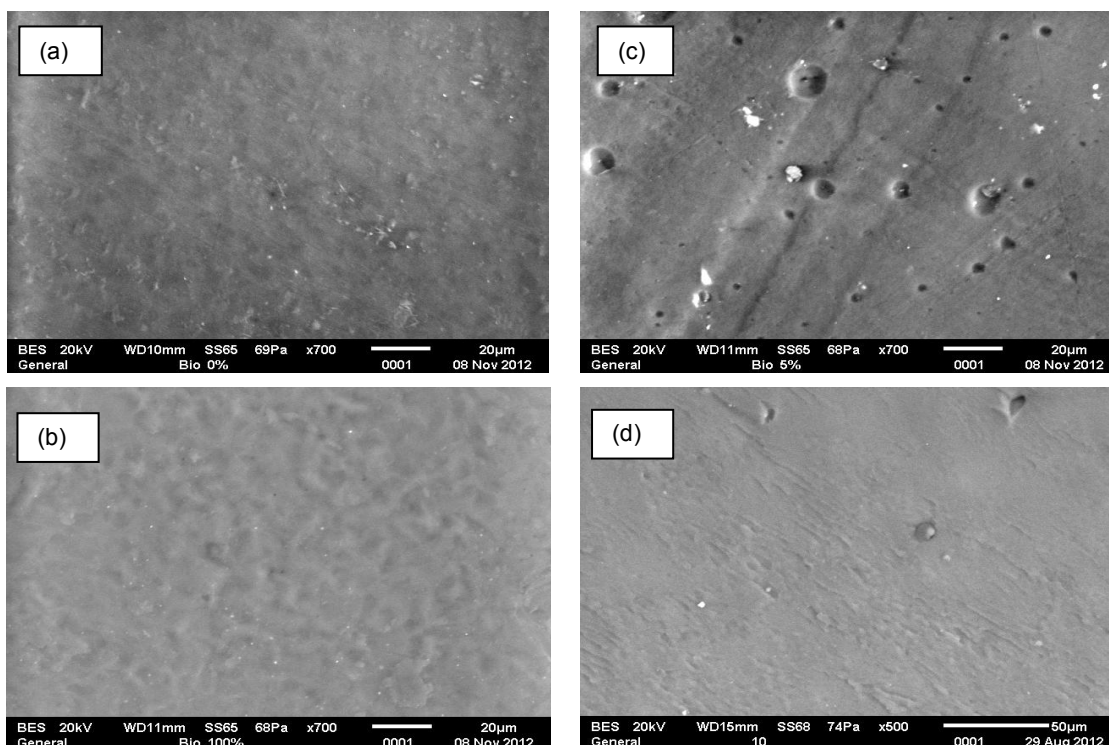
Gambar 4. Grafik nilai kekerasan

Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan dinilai dari ukuran sifat mekanis material yang diperoleh dari deformasi plastis (deformasi yang diberikan dan setelah dilepaskan tidak kembali ke bentuk semula akibat tekanan yang diberikan oleh alat uji) (Kroschwitz 1991). Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai kekerasan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah PBS dalam polimer *blend*. Nilai kekerasan juga dapat memberikan gambaran keadaan proses pada saat *blending*. Bila proses *blending* tidak dalam keadaan kering maka akan terjadi reaksi hidrolitik yang mengakibatkan pemotongan rantai sehingga nilai kekerasan akan menurun. Nilai kekerasan merupakan parameter untuk menentukan reaksi atau proses *blending* berjalan dalam keadaan kering atau tidak (La Mantia 2012). Oleh karena itu sebelum proses *blending* dilakukan pengeringan terlebih dahulu. Tujuan pengeringan ini adalah untuk mencegah

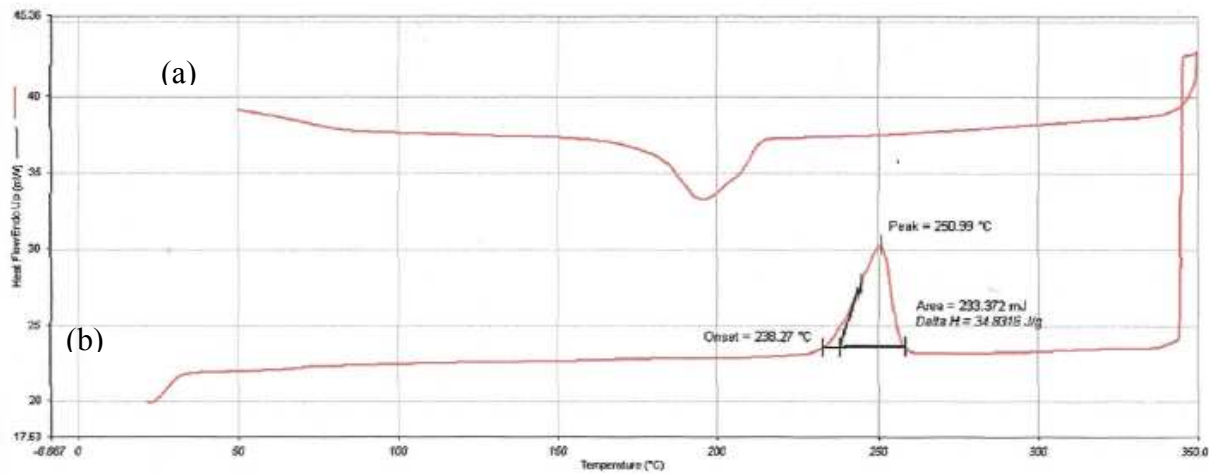
terjadinya reaksi hidrolitik sehingga mengakibatkan rantai terpotong atau terjadi degradasi menjadi molekul-molekul yang lebih rendah berat molekulnya. Reaksi hidrolitik atau reaksi degradasi ini ditandai dengan penurunan sifat-sifat mekanisnya seperti kerapuhan (La Mantia 2012)

Gambar 5 menunjukkan morfologi PET, PBS, dan polimer *blend*. Baik PET maupun PBS menunjukkan partikel yang seragam, semua dalam satu fasa. Polimer *blend* yang ditunjukkan pada Gambar 5c dan Gambar 5d juga menunjukkan bahwa polimer *blend* berada pada satu fasa, yang berasal dari dua fasa (PET dan PBS) bercampur. Hal ini menunjukkan PET dan PBS bercampur sempurna menjadi satu matriks/fasa.

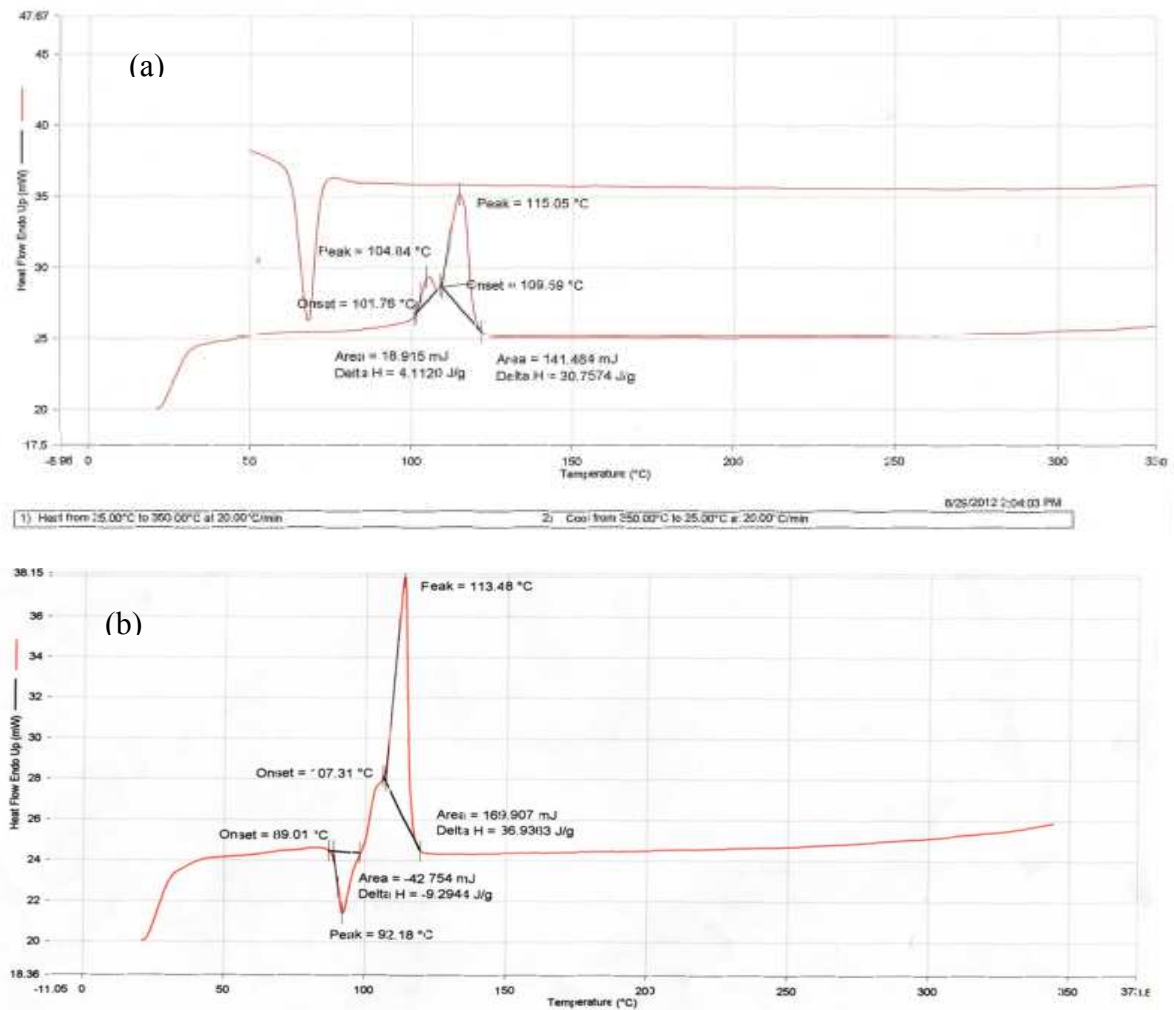
PET, PBS, dan polimer *blend* dianalisis dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry (DSC)* dan menghasilkan spektrum seperti pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Untuk nilai lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1



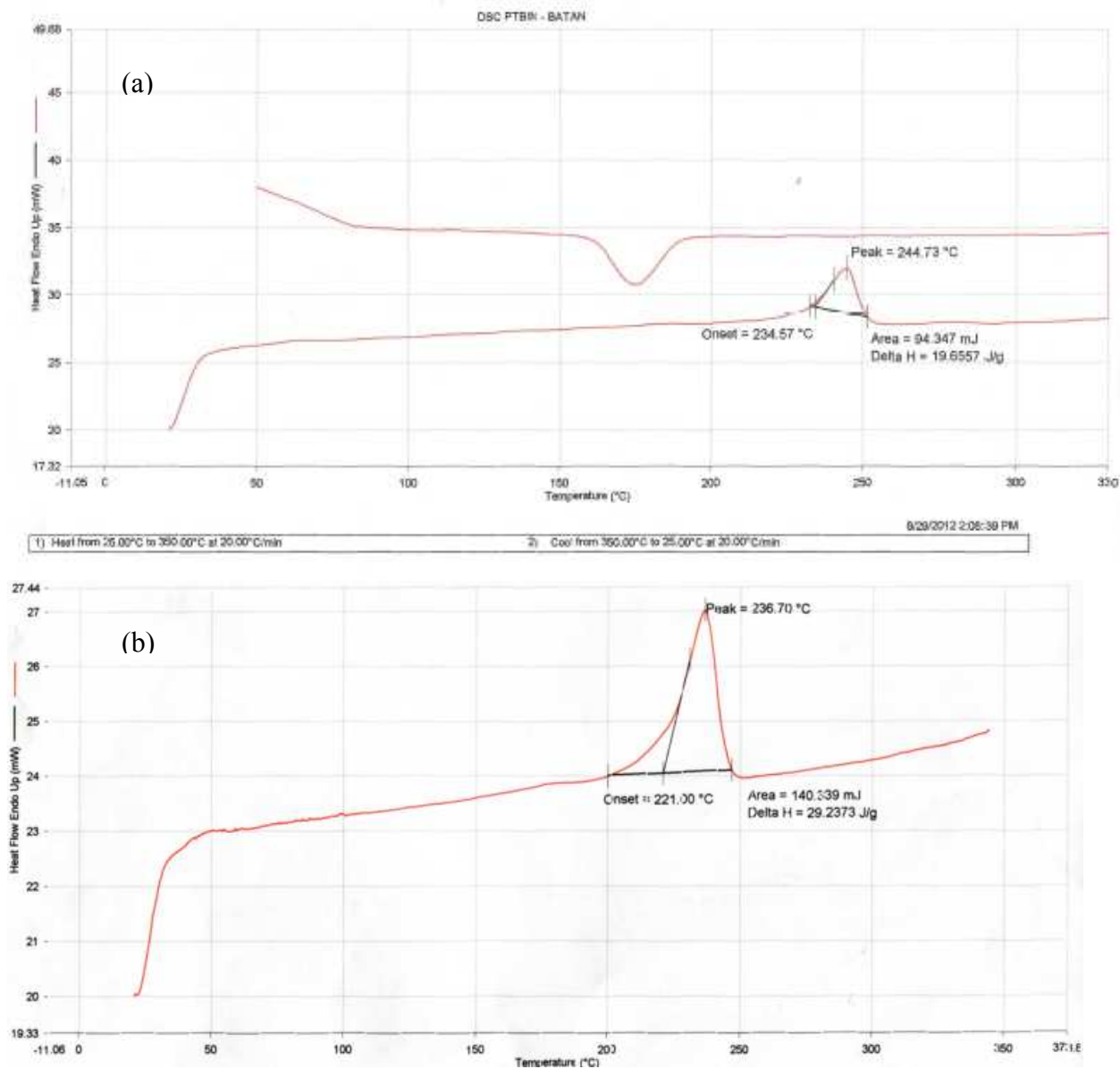
Gambar 5. Analisis morfologi SEM.dari (a) PET, (b) PBS, (c) PBS 5%, dan (d) PBS 10%



Gambar 6. Spektrum DSC dari PET pada (a) pemanasan pertama dan (b) pemanasan kedua



Gambar 7. Spektrum DSC dari PBS pada (a) pemanasan pertama dan (b) pemanasan kedua



Gambar 8. Spektrum DSC dari polimer *blend* 10% PBS pada (a) pemanasan pertama dan (b) pemanasan kedua

Tabel 1. Nilai  $T_m$ ,  $\Delta H_m$  dan Onset dari hasil DSC pemanasan pertama

|              | PET     | PBS 2%  | PBS 5%  | PBS 10% | PBS     |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $T_m$ (°C)   | 250,99  | 237,33  | 243,65  | 244,73  | 115,05  |
| $\Delta H_m$ | 34,8316 | 18,7606 | 28,9694 | 19,6557 | 30,7574 |
| Onset        | 238,27  | 231,50  | 232,29  | 234,57  | 109,59  |
| Area         | 233,372 | 112,563 | 217,270 | 94,6557 | 141,484 |

Tabel.2. Nilai Tm dan ΔHm dari hasil DSC pemanasan kedua

|         | PET     | PBS 2%  | PBS 5%  | PBS 10% | PBS     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tm (°C) | 249,07  | 228,66  | 238,63  | 236,70  | 113,48  |
| ΔHm     | 32,8811 | 24,2462 | 17,2011 | 29,2373 | 36,9363 |
| Onset   | 234,54  | 212,29  | 228,38  | 221,00  | 107,31  |
| Area    | 220,304 | 145,477 | 129,008 | 140,339 | 169,907 |

Tm menunjukkan titik leleh dan menunjukkan reaksi endotermik atau reaksi membutuhkan energi yang ditunjukkan oleh bentuk puncak ke atas. Onset adalah titik atau suhu mulai meleleh. ΔHm adalah energi yang dibutuhkan untuk meleleh atau berubah fasa dari padatan ke cairan (Kroschwitz 1991). Analisis DSC pada Tabel 1 menunjukkan sedikit kenaikan pada sifat kristalinitas polimer *blend* dengan jumlah PBS 2%. Titik leleh PET menurun sebanding dengan bertambahnya jumlah PBS dalam polimer *blend* tetapi akan naik kembali ketika jumlah PBS 10%. Hal ini berlaku juga untuk energi yang diperlukan. Hal ini dapat disebabkan karena campuran PET dan PBS atau polimer *blend* sendiri merupakan emulsifier yang dapat meningkatkan adhesi dari kedua fasa dan menurunkan ukuran dimensi partikel. Dengan semakin bertambahnya jumlah polimer *blend*, sifat adhesi akan semakin meningkat dan polimer akan bercampur sempurna walau dibandingkan dengan jumlah PBS yang sedikit (Homklin *et.al.* 2013). Hal ini juga sesuai dengan hasil SEM pada Gambar 5c dan Gambar 5d, yang menunjukkan morfologi polimer *blend* 10% PBS lebih bercampur daripada polimer *blend* 5% PBS. Pemanasan kedua DSC diperiksa spektrumnya setelah pendinginan pada pemanasan pertama, didapatkan perbedaan nilai titik lelehnya dari pemanasan pertama. Titik leleh yang didapatkan pada pemanasan kedua akan bergeser ke kiri atau lebih kecil dari pemanasan pertama karena telah dilalui proses pemanasan pertama dan pendinginan sehingga zat-zat kontaminan telah lepas dan hasil yang didapatkan lebih akurat. Seperti pada pemanasan pertama, pemanasan kedua menunjukkan titik leleh yang menurun dengan ditambahkan PBS 2% dan perlahan meningkat lagi setelah ditambahkan PBS 5% dan PBS 10% karena adanya sifat adhesi yang meningkat. Walaupun dengan bertambahnya PBS pada akan meningkatkan sifat adhesi polimerblend yang akan meningkatkan

pencampuran tetapi juga meningkatkan sifat kristalinitas yang akan menyebabkan warnanya menjadi tidak transparan seperti halnya PET 100%.

## KESIMPULAN

Hasil analisis spektrum polimer *blend* menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang 1955,82 cm<sup>-1</sup> dijumpai adanya spektrum yang menandakan kalau terdapat gugus benzena dari PET pada polimer *blend*. Nilai kekerasan dari hasil uji *hardness* akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah PBS dalam polimer *blend* dan hasil analisis morfologi menggunakan SEM menunjukkan PET dan PBS bercampur sempurna menjadi satu matriks/fasa. Dari hasil analisis tersebut diperoleh kesimpulan bahwa PBS *compatible* terhadap PET sehingga pembuatan polimer *blend* yang bersifat *biodegradable* dapat dilakukan dengan mencampur polibutilen suksinat (PBS) dan polietilen tereftalat (PET) tetapi seiring bertambahnya PBS akan meningkatkan sifat kristalinitas yang menyebabkan warna tidak transparan lagi sehingga untuk aplikasinya penambahan PBS yang disarankan adalah hanya 2%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fujamaki, T. 1998. *Processability and Properties of aliphatic polyesters, 'BIONOLLE', synthesized by polycondensation reaction*. Polymer Degradation and Stability. 59. Hal. 209 – 214.
- Frollini, E., 2013. *Poly (butylene succinate) reinforced with different lignocellulosic fibers*. Industrial Crops and Products. 45. Hal. 160 – 169
- Imre, B and Pukanszky. 2013. *Compatibilization in biobased and biodegradable polymer blends*. European Polymer Journal. 49. Hal. 1215 – 1233.

- Kroschwitz, J.I. 1991. *Polymer : High Performance Polymer and Composites*. Encyclopedia Reprint Series, A Wiley Interscience Publications John & Sons Inc. USA
- La Mantia, L. Botta, M. Morreale, R. Scaffaro. 2012. *Effect of small amounts of poly(lactic acid) on the recycling of poly(ethylene terephthalate) bottles*. *Polymer Degradation and Stability*. 97. Hal. 21 – 24.
- Listyarini, A. 2008. Biodegradable Poly(butylene succinate) blended with biorenewable derivatives from polysaccharides. *Transactions of the Materials Research Society of Japan*. 33 (4). Hal. 1159 – 1164.
- Matsumura, S. 2005. *Mechanism of Biodegradation*. *Didalam. Biodegradable Polymers for Industrial Applications*. R. Smith. CRC Press, New York.
- Nikham, F. Yoshii., dan K. Makuuchi. 2000. *Studi Perbandingan Degradasi Secara Enzimatis Campuran CPP/BIONOLLE dan CPP/PCL dengan Modic*. *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*.
- Pivsa-Art, Weraporn. 2013. Preparation of polymer blends between poly(lactic acid), poly(butylene adipate-co-terephthalate) and biodegradable polymers as compatibilizers. *Energy Procedia*. 34. Hal. 549 – 554.
- Rungsima, H and Nattakarn, H. 2013. Mechanical and Thermal Properties of PLA/PBS Co-continuous Blends Adding Nucleating agent. *Energy Procedia*. 34. Hal. 871 – 879.
- Tsi, Hung-Yi. 2009. Compatibility and characteristics of poly(butylene succinate) and propylene-co-ethylene copolymer blend. *Polymer Testing*. Vol. 28. Issue 8. Hal. 875 – 885.