

# SIFAT FISIK MEKANIK DAN SIFAT URAI HAYATI CAMPURAN POLIETILEN DAN POLIBUTILEN SUKSINAT

## (PHYSICAL-MECHANICAL AND BIODEGRADABILITY PROPERTIES OF POLYETHYLENE AND POLYBUTYLENE SUCCINATE BLENDS)

Evana Yuanita, Wiwik Pudjiastuti, dan Arie Listyarini

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

E-mail : [me.aurora.2646@gmail.com](mailto:me.aurora.2646@gmail.com)

Received : 23 Agustus 2011; revised : 9 September 2011; accepted : 3 Oktober 2011

### ABSTRAK

Polietylen merupakan salah jenis plastik yang tidak dapat urai hayati, sedangkan polibutilen suksinat adalah jenis plastik yang dapat terurai hayati. Untuk plastik ramah lingkungan diperlukan pencampuran keduanya. Penelitian ini bertujuan mengetahui sifat fisik mekanik dan sifat urai hayati campuran tersebut. Parameter yang diamati adalah kuat tarik, regang mulur dan sifat urai hayati terhadap campuran polietilen dan polibutilen suksinat. Campuran dibuat dengan komposisi 0%, 30%, 50%, 70%, dan 100% menggunakan *rheomix* pada suhu 150 °C selama 8 menit dengan kecepatan putaran mesin sebesar 30 rpm. Plastik *film* dibuat menggunakan *single screw extruder* dan *blown film* pada suhu 160 °C dengan kecepatan putaran mesin 20 rpm. Sifat fisik mekanik campuran diketahui dengan pengujian kuat tarik, regang mulur plastik *film* menggunakan metode ASTM D882, sedangkan pengujian urai hayati dengan metode *soil burial*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik dan regang mulur semakin meningkat dengan bertambahnya polibutilen suksinat. Penurunan kuat tarik, regang mulur dan berat campuran polietilen dan polibutilen suksinat setelah dilakukan penimbunan dalam tanah selama 90 hari menunjukkan bahwa campuran ini dapat terurai hayati.

**Kata kunci** : Polietilen, Polibutilen suksinat, Urai hayati, Plastik

### ABSTRACT

*Polyethylene is a non-biodegradable plastic, while polybutylene succinate is a biodegradable one. In order to produce biodegradable plastic, mixture of both material is needed. The aim of this research was to determine the mechanical properties of the blends. Parameters tested were tensile strength, elongation and biodegradability for polyethylene and polybutylene succinate blend. The blends with composition of 0, 30, 50, 70, and 100% were made used by rheomix on a temperature of 150°C for 8 min with 30 rpm. Plastic film was made by single screw extruder and blown film at temperature of 160°C with 20 rpm. Mechanical properties of polyethylene and polybutylene succinate blends were determined by testing the tensile strength, elongation with ASTM D882 method, whereas biodegradability was determined by soil burial method. The results showed that tensile strength and elongation of polyethylene increased in corresponding with the increase of polybutylene succinate concentrations. Decrease in tensile strength, elongation and weight of polyethylene and polybutylene succinate blends after 90 days burial indicated that the mixture was biodegradable.*

**Keywords** : Polyethylene, Polybutylene succinate, Biodegradable, Plastic

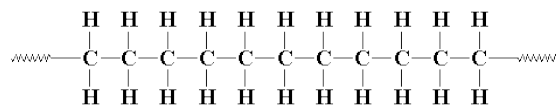
### PENDAHULUAN

Plastik telah menjadi bagian dalam kehidupan sehari-hari karena dipergunakan untuk berbagai keperluan. Selama ini dikenal dua jenis plastik yaitu termoplastik dan termoset. Jenis termoplastik, yaitu polietilen, polietilen tereptalat, polipropilen, polistiren, polivinil klorida,

dapat ditemui hingga 80% produksinya di pasaran (Anonim 2011). Seperti halnya plastik konvensional lainnya, ketika polietilen sudah tidak dipergunakan lagi, sering kali hanya dibuang di pembuangan akhir atau ditimbun sehingga menimbulkan akumulasi di lingkungan

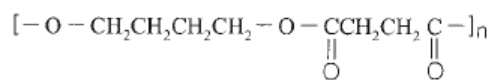
dan membahayakan bumi secara umum. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan upaya dengan memproduksi plastik yang mudah urai hayati (Tokiwa 2009).

Satu jenis plastik termoplastik yang sangat mendominasi pasar akhir-akhir ini adalah polietilen. Plastik ini sifatnya lunak dan transparan sehingga mudah dipergunakan sebagai kemasan. Polietilen berbentuk kristal padat dengan titik leleh 115 °C, dengan densitas antara 0,91 – 0,94. Polietilen dapat rusak apabila terpapar sinar dan oksigen, dengan kehilangan kekuatan, regang mulur dan ketahanan sobek (Fred 1984). Gambar 1 adalah rantai monomer etilen (Anonim 2011) yang terkandung pada polietilen. Rantai monomer ini panjang dan stabil sehingga tidak dapat urai hayati. (Tokiwa 2009)



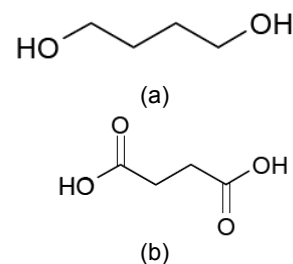
Gambar 1. Rantai monomer etilen

Gambar 2 memperlihatkan rantai salah satu contoh polimer yang mampu urai hayati yaitu polibutilen suksinat (Kim 2005). Polimer ini merupakan poliester alifatik yang dihasilkan dari reaksi polikondensasi monomer 1,4-butanediol dengan monomer asam suksinat (Amita *et al.* 2007) seperti yang terlihat pada Gambar 3 (Lindstrom 2005). Polibutilen suksinat berwujud kristal berwarna putih dengan titik leleh kurang lebih 90 °C sampai 120 °C, memiliki kuat tarik antara polietilen dan polipropilen. Polibutilen suksinat memiliki sifat yang sangat bagus sehingga dapat diproses menggunakan mesin poliolefin pada suhu 160 °C sampai 200 °C (Takashi 1998; Wang 2007).



Gambar 2. Struktur polimer polibutilen suksinat

Bahan baku pembuatan polibutilen suksinat, yaitu butanediol dan asam suksinat, dalam waktu dekat dapat diperoleh dari sumber biomasa yang dapat diperbarui (Schilling 1996; Yun 2006; Akihiro 2006). Kiatkamjorwong *et al.* (1997) menjelaskan bahwa bahan yang mengandung asam, amida, urea, uretan lebih mudah terurai hayati sehingga polibutilen suksinat yang memiliki gugus asam juga bersifat terurai hayati. Namun polibutilen suksinat sangat mahal sehingga sulit bersaing dengan plastik *film* jenis yang lainnya apabila diterapkan pada pemakaian sehari-hari. Oleh karena itu perlu melakukan pencampuran polibutilen suksinat dengan bahan lain yang lebih murah.



Gambar 3. Struktur monomer a) 1,4-Butanediol, b) asam suksinat

Berdasarkan sifat-sifat polietilen dan polibutilen, perlu dilakukan penelitian mencampur polietilen dengan polibutilen suksinat yang bersifat urai hayati sehingga diharapkan dapat mengurangi limbah polietilen dan menurunkan biaya produksi dibandingkan jika hanya menggunakan polibutilen suksinat saja. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sifat fisik mekanik campuran polietilen dan polibutilen

suksinat serta kemampuan campuran tersebut untuk terurai hayati.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Besar Kimia dan Kemasan pada bulan April sampai November 2010 dengan menggunakan bahan polietilen jenis *Linear Low Density Poly Ethylene* (LLDPE) (PT Chandra Asri Corp. Ltd., Indonesia) dan polibutilen suksinat (Showa High Polymer, Jepang).

### Metode

Pembuatan campuran polietilen dan polibutilen suksinat dengan komposisi 0%, 30%, 50%, 70%, dan 100% dilakukan dengan menggunakan *rheomix* pada suhu 150 °C selama 8 menit dengan putaran mesin sebesar 30 rpm. Hasil yang diperoleh adalah berupa lempeng campuran polietilen dan polibutilen suksinat. Lempeng campuran polietilen dan polibutilen suksinat selanjutnya diproses menjadi plastik *film* yang dilakukan dengan menggunakan *single screw extruder* dan *blown*

film pada suhu 160 °C dengan putaran mesin sebesar 20 rpm.

Campuran polietilen dan polibutilen suksinat diuji sifat fisik mekaniknya yaitu kuat tarik dan regang mulur plastik film menggunakan metode ASTM D882. Berat contoh uji ditimbang sebelum dan sesudah dilakukan *soil burial*. Sebelum pengujian semua contoh uji dikondisikan menggunakan metode ASTM D618-08.

Pengujian sifat urai hayati dilakukan dengan menggunakan metode *soil burial* yaitu dengan cara memotong plastik film campuran polietilen dan polibutilen suksinat menjadi contoh uji dengan ukuran 25 cm x 1,5 cm. Selanjutnya contoh uji tersebut ditimbun dalam tanah dengan kedalaman 30 cm. Setiap 30 hari sampai dengan 90 hari contoh uji diambil. Contoh uji tersebut dicuci dengan air hingga bersih dari tanah yang menempel lalu dikeringkan di udara terbuka selama 2 jam selanjutnya diletakkan di ruang kondisi dengan metode ASTM D618-08 kemudian dilakukan uji kuat tarik (kgf/cm<sup>2</sup>), regang mulur (%) dan ditimbang beratnya (g). Penurunan kuat tarik, regang mulur dan berat sebelum ditimbun dan setelah 90 hari penimbunan juga dihitung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

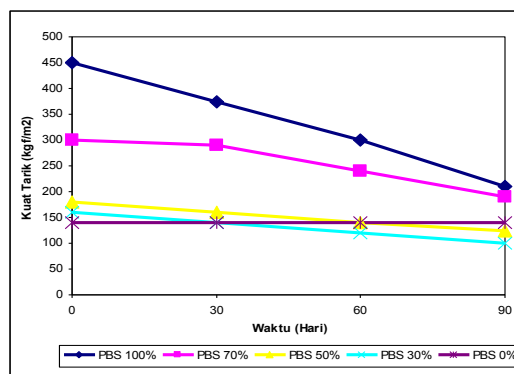
Nilai kuat tarik dan regang mulur polibutilen suksinat murni lebih besar dibanding campuran polietilen dan polibutilen suksinat karena polibutilen suksinat memiliki sifat lentur, kuat dan tahan terhadap panas (Amita *et al.* 2007). Semakin meningkat jumlah polietilen dalam komposisi campuran dapat menurunkan nilai kuat tarik dan regang mulur. Penurunan ini disebabkan oleh karena nilai kuat tarik dan regang mulur polietilen yang lebih rendah dibandingkan dengan polibutilen suksinat sehingga pencampuran keduanya dapat menghasilkan nilai kuat tarik dan regang mulur di antara nilai keduanya. Pencampuran polietilen dan polibutilen diharapkan dapat meningkatkan kekuatan fisik mekanik plastik film.

Gambar 4 menunjukkan nilai kuat tarik dan Gambar 5 menunjukkan bahwa polietilen tanpa pencampuran tidak mengalami penurunan nilai kuat tarik dan regang mulur setelah dilakukan penimbunan sampai hari ke-90, sedangkan

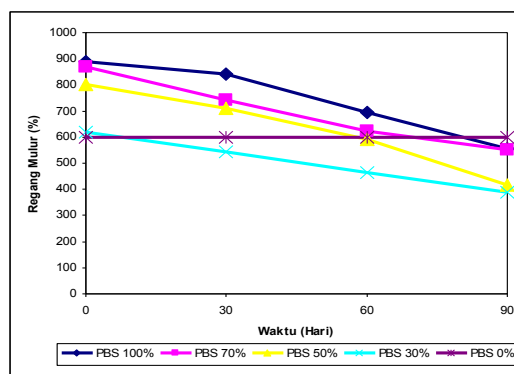
Tabel 1. Karakterisasi awal sifat fisik mekanik campuran polietilen dan polibutilen suksinat

Polietilen (%)	Polibutilen suksinat (%)	Kuat tarik (kgf/cm <sup>2</sup> )	Regang mulur (%)
0	100	450	890
30	70	300	870
50	50	180	800
70	30	160	620
100	0	140	600

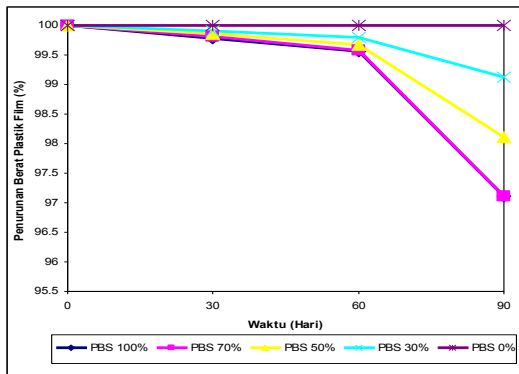
polibutilen suksinat menunjukkan penurunan yang cukup besar. Untuk campuran, semakin banyak polibutilen suksinat dalam komposisi akan menunjukkan sifat urai hayati yang relatif lebih tinggi dibanding dengan jumlah polibutilen suksinat yang kecil dalam komposisinya. Begitu juga halnya dengan penurunan berat yang diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Perubahan nilai kuat tarik pengujian sifat urai hayati metode *soil burial*



Gambar 5. Perubahan nilai regang mulur pengujian sifat urai hayati metode *soil burial*



Gambar 6. Penurunan berat pada pengujian sifat urai hayati metode *soil burial*

Tabel 2. Penurunan nilai kuat tarik, regang mulur dan berat setelah 90 hari penimbunan

Polietilen (%)	Polibutilen suksinat (%)	Kuat tarik (%)	Regang mulur (%)	Berat (%)
0	100	53,3	54,5	2,89
30	70	37,5	38,0	2,88
50	50	36,7	35,9	1,88
70	30	30,56	29,39	0,87
100	0	0	0	0

Penurunan berat yang signifikan terjadi pada polibutilen suksinat 100% dan campuran polietilen dengan polibutilen suksinat. Pada komposisi polibutilen suksinat 70% telah dihasilkan penurunan berat yang signifikan pada hari ke-90 yaitu sebesar 2,9%. Penurunan berat karena terjadi akibat mekanisme hidrolisis, yang terjadi pada rantai poliester, diurai oleh jamur dan bakteri di dalam tanah (Kim *et al.* 2005). Tidak ada perbedaan persentase penurunan berat yang signifikan antara polibutilen suksinat 100% dengan polibutilen suksinat 70%. Terjadinya penurunan sifat fisik mekanik plastik *film* campuran polietilen dan polibutilen suksinat karena polibutilen suksinat dalam bentuk *film* atau *moulding* dapat terurai hayati dalam waktu beberapa bulan dalam tanah, air, lumpur aktif dan air laut (Hasnah 2007). Tidak terjadi perubahan sifat fisik mekanik polietilen karena polietilen memiliki sifat stabil dan sangat sukar diurai oleh mikroorganisme tanah (Kiatkamjornwong 1997).

Tabel 2 menunjukkan bahwa sifat fisik mekanik campuran polietilen dan polibutilen suksinat terjadi penurunan yang cukup besar setelah 90 hari penimbunan. Hal ini dikarenakan polibutilen suksinat dalam campuran telah terurai hayati sehingga menimbulkan kerusakan fisik pada contoh uji yang mengakibatkan

berkurangnya nilai kuat tarik dan regang mulurnya. Kerusakan fisik tersebut berupa hilangnya potensi untuk mempertahankan morfologi campuran yang telah terbentuk di awal proses. Namun kerusakan tersebut memberi pengaruh sangat kecil terhadap perubahan berat contoh uji.

## KESIMPULAN

Campuran polibutilen suksinat dengan perbandingan yang lebih besar terhadap polietilen memiliki sifat fisik mekanik yang lebih tinggi. Campuran polietilen dan polibutilen suksinat dengan komposisi 70% polibutilen suksinat mampu urai hayati sebesar 2,9% selama 90 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akihiro, O. 2006. Synthesis of Poly(butylene succinate) and Poly(ethylene succinate) Including Diglycollate Moiety. *Polymer Journal*, 38 : 710-715.
- Amita, B., Rahul K.G., Satti N.B., Choi H.J. 2007. Compatibility of Biodegradable Poly (lactic acid) (PLA) and Poly (butylene succinate) (PBS) blends for Packaging Application. *Journal of Korea – Australia Rheology*, 19 : 125-131.
- Anonim. 2011. Polyethylene. (<http://pslc.ws/macrogcss/pe.html>, diakses 28 September 2011)
- Anonim. 2011. Recycling Plastic. (<http://www.polymer.com/dotcom/home.html>, diakses 28 September 2011)
- Fred, W.B. 1984. *Textbook of Polymer Science*. Singapore : John Wiley and Sons.
- Hasnah, M., 2007. The Blending Process of LLDPE (Linear Low Density Polyethylene) with Maleic Anhydride without Initiator at Rheomix 600. *Proceeding of International Conference on Chemical Sciences Innovation in Chemical Sciences for Better Life 2007: MAT/19-37P*. Yogyakarta, 24 – 26 May 2007 : Chemistry Department Gadjah Mada University Yogyakarta.
- Kiatkamjornwong, S., Thanida P., Pattarapan P. 1997. Degradation of Polyethylene –Cassava Starch Blends.

- Proceedings of the International Workshop on Green Polymers Reevaluation of Natural Polymers* 1997: 231-246. Bandung, 4 – 6 November 1996 : Institute for R & D of Cellulosa Industry Bandung.
- Kim, H.S., Han-Seung Y., Hyun-Joong K. 2005. *Biodegradability and Mechanical Properties of Agro-Fluor-Filled Polybutylene Succinate Biocomposites*. Wiley Interscience DO 10.1002/app. 21905.
- Lindstrom, A. 2005. *Poly(butylene succinate) and Poly (butylene adipate) – Quantitative Determination of Degradation Product and Application as PVC Plasticizer*. Thesis. Fiber and Polymer Technology. Stockholm: Kungliga Tekniska Hogskolan.
- Schilling, L.B.1996. Chemicals from Alternative Feedstocks in The United States. *FEMS Microbiology Reviews*, 16(2-3) : 101-110.
- Takashi, F. 1998. Processability and Properties of Aliphatic Polyester, 'BIONOLLE' Synthesized by Poly Condensation Reaction. *Polymer Degradation and Stability*, 59 : 209-214.
- Tokiwa, W., Buenaventurada P. C., Charles U., Seiichi A. 2009. Biodegradability of Plastic. *International Journal of Molecular Science*, 10 : 3722 – 3742.
- Wang, X. 2007. Multiple Melting Behavior of Poly(butylene succinate). *European Polymer Journal*, 43 : 3163-3170
- Yun, S.H. 2006. Effective Purification of Succinic Acid from Fermentation Broth Produced by *Mannheimia Succiniciproducens*. *Process Biochemistry*, 41(6) : 1461-1465