

PHOTODEGRADATION OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE CONTAINING OXO-BIODEGRADATION ADDITIVES

Fotodegradasi *High Density Polyethylene* Yang Mengandung Aditif Okso-Biodegradasi

Ristika Oktavia Asriza*, Janiar Pitulima

Chemistry Department, Faculty of Engineering
Bangka Belitung University, Jl. Kampus Peradaban Bangka 33172

*Corresponding author, e-mail: ristika@ubb.ac.id

Received: Dec. 2016 Published: Jan. 2017

ABSTRACT

High Density Polyethylene (HDPE) is a type of plastic that widely used for packaging because it has good mechanical properties. HDPE is naturally non-biodegradable, and the consequence it will increase plastic waste that will damage the environment. To increase their biodegradability, it is necessary to add an oxo-biodegradation additive in the form of a stearate metal compound. This oxo-biodegradation additive is a chromophore that can absorb UV light. Polyethylene oxo-biodegradation films are prepared by mixing HDPE and cobalt stearate to homogeneous on various compositions. To know the effect of adding cobalt stearate into HDPE has done by photodegradation process. The polyethylene oxo-biodegradation film was given irradiation using UV light in the wavelength range 280-300 nm at room temperature for 10 days. After irradiation, in the ATR spectrum shows an absorption peak at 1712 cm^{-1} wavenumber indicated the presence of a carbonyl group with a stronger intensity. The higher concentration of cobalt stearate added in HDPE, increases the peak intensity of carbonyl group. This is due to the increasing number of chromophores from cobalt stearate that can absorb UV light, the faster the breakdown of HDPE chains into small fragments so that HDPE is rapidly degraded in nature.

Keywords: HDPE, oxo-biodegradation additives, photodegradation, carbonyl group.

PENDAHULUAN

High Density Polyethylene (HDPE) memiliki sifat mekanik yang bagus, tidak mudah bereaksi dengan senyawa kimia, sukar terdegradasi di alam, dan harganya relative murah. Karena sifat tersebut maka pemanfaatan polietilen terus mengalami peningkatan pada berbagai bidang industri terutama pada bidang pengemasan (plastik). Plastik HDPE termasuk golongan polimer yang bersifat termoplastik sehingga dapat dibentuk menjadi plastik dengan derajat kerapatan yang baik.

Akibat penggunaan plastik HDPE yang sangat luas tersebut menimbulkan masalah lingkungan yang sangat serius. HDPE dikategorikan sebagai sampah plastik yang sulit didegradasi oleh bakteri yang ada di alam, dan membutuhkan waktu ratusan tahun bagi alam untuk mendegradasinya (Roy dkk., 2011). Salah satu usaha untuk meningkatkan kemampuan degradasi dari HDPE adalah dengan

menambahkan suatu kromofor. Kromofor yang digunakan berupa senyawa aditif okso-biodegradasi.

Kompleks logam transisi dengan stearat dapat menguraikan hidroperoksida yang terbentuk selama oksidasi polimer (Pablos dkk, 2010). Logam transisi yang digunakan bersifat multivalen, sehingga akan mempercepat pembentukan hidroperoksida dari reaksi degradasi HDPE (Corti dkk, 2010).

Proses fotodegradasi sangat bergantung pada ada tidaknya oksigen (O_2) dan sifat kromofor dalam menyerap sinar UV (Cottin dkk, 2000). Perlakuan HDPE secara fotodegradasi ini akan menghasilkan gugus karbonil akibat dari pemutusan rantai HDPE (Yoon dkk, 2012). Selain itu, hasil lain yang dihasilkan dari okso-biodegradasi HDPE ini adalah asam karboksilat, keton, alkohol, dan hidrokarbon dengan massa molekul yang rendah (Jakubowicz dkk, 2012).

METODOLOGI

Alat

Alat yang digunakan adalah kimia, gelas ukur, pipet tetes, erlenmeyer, labu leher tiga, kondensor, termometer, oven vakum, corong pisah, *magnetic stirrer*, *hot plate* dan *buncher* dan *hot press*, lampu UV 280-300 nm, dan spektroskopi ATR (Prestige Shimadzu IR spectrometer).

Bahan

Bahan yang digunakan adalah polimer HDPE, kobalt asetat, asam stearat, NaOH, aquadest, dan etanol sebagai pelarut, serta gas nitrogen.

Prosedur Kerja

Pembuatan film HDPE okso-biodegradasi

Pembuatan film polietilen okso-biodegradasi ini dibagi menjadi 4 variasi penambahan kobalt stearat antara lain 0,01%; 0,05%; 0,075%; 0,1% (w/w) dari massa total, kemudian campuran ini digerus sampai homogen. Setelah itu, campuran tersebut dicetak dengan *hot press* pada suhu 120 °C selama 5 menit. Film polietilen okso-biodegradasi yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan ATR.

Fotodegradasi

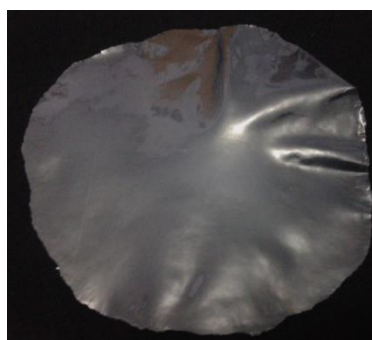
Pada fotodegradasi polietilen okso-biodegradasi dengan berbagai konsentrasi kobalt stearat dilakukan penyinaran dengan menggunakan sinar UV pada rentang panjang gelombang 280-300 nm pada temperatur ruang. Waktu foto degradasi ini dilakukan bervariasi selama 2, 4, 6, 8, dan 10 hari, kemudian sampel dikarakterisasi dengan ATR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kromofor (aditif oksidan) yang digunakan pada penelitian ini adalah kobalt stearat. Logam transisi yang sering digunakan antara lain besi, kobalt, dan mangan (Ammala dkk., 2011). Logam transisi yang ditambahkan kedalam polietilen tersebut dikomplekskan dengan senyawa stearat atau kompleks ligan organik lainnya (Abrusci dkk, 2011). Kobalt merupakan logam transisi yang bersifat multivalen. Penggunaan kobalt dengan konsentrasi yang terbatas dan terkontrol tidak akan berbahaya,

sehingga kobalt aman digunakan sebagai pro-oksidan pada film HDPE (Fontanella dkk, 2010).

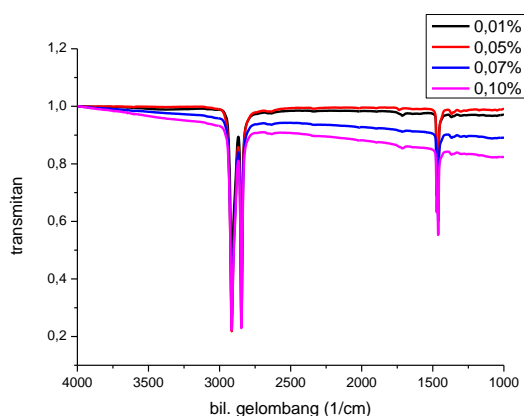
Pembuatan film HDPE yang telah ditambahkan dengan kobalt stearat sebagai aditif oksidan dilakukan dengan menggunakan *hot press* dengan ketebalan 80 µm. Kobalt stearat ini diharapkan dapat menginisiasi proses auto-oksidasi sehingga proses degradasi dapat berlangsung lebih cepat (Osawa dkk., 1988). Film HDPE okso-biodegradasi dibuat pada berbagai variasi komposisi kobalt stearat yaitu 0,01%; 0,05%; 0,075%; dan 0,1% (w/w). Gambar 1 merupakan film HDPE yang telah ditambahkan kobalt stearat.



Gambar 1. Film HDPE okso-biodegradasi

Degradasi pada HDPE okso-biodegradasi dapat berlangsung secara oksidasi-reduksi akibat adanya pengaruh dari luar, salah satunya sinar UV. Sifat katalitik dari kobalt stearat sebagai aditif oksidan akan teraktivasi jika terkena sinar UV atau dikenai panas, sehingga kobalt stearat akan menginisiasi terjadinya proses oksidasi-reduksi pada HDPE. Reaksi ini akan menyebabkan pemutusan rantai pada polimer sehingga berat molekul polimer menjadi berkurang. Fotodegradasi tidak merubah struktur kimia tetapi hanya menurunkan sifat mekanik/fisik dari HDPE karena adanya pemutusan rantai HDPE menjadi fragmen-fragmen kecil dengan berat molekul yang lebih rendah (Vijayvargia dkk, 2014).

Pada penelitian ini, fotodegradasi HDPE dengan penambahan kobalt stearat bervariasi dilakukan dengan penyinaran sinar UV selama 10 hari. Gambar 2. menunjukkan hasil karakterisasi dengan ATR untuk mengetahui perubahan puncak serapan yang terjadi pada masing-masing film. Puncak-puncak serapan tersebut menunjukkan gugus-gugus fungsi kimia yang ada pada masing-masing film tersebut (Listyarini dan Pudjiastuti, 2014).



Gambar 2. Spektrum ATR fotodegradasi HDPE okso-biodegradasi yang telah dilakukan fotodegradasi selama 10 hari dengan variasi konsentrasi kobalt stearat

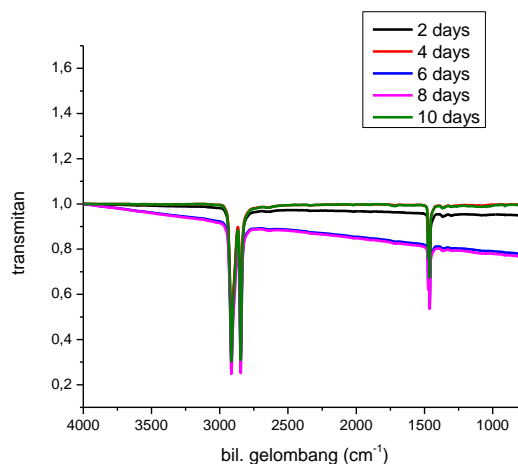
Pada puncak serapan dengan bilangan gelombang 2912 dan 2842 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H alkana dan puncak serapan pada bilangan gelombang 1462 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus CH_2 . Terdapat puncak serapan yang kecil pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} menandakan adanya gugus karbonil akibat dari hasil oksidasi HDPE dari penambahan kobalt stearat. Dengan adanya gugus karbonil pada film HDPE okso-biodegradasi dapat menjadi inisiator pada proses fotodegradasi ini.

Tabel 1. Absorbansi gugus karbonil pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} pada film HDPE + kobalt stearat dengan variasi lama penyinaran

Lama Penyinaran (hari)	Absorbansi
2	0,001
4	0,002
6	0,079
8	0,078
10	0,004

Pada kurva juga terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi kobalt stearat yang ditambahkan pada HDPE cenderung semakin besar nilai absorbansinya pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} . Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah kromofor dari kobalt stearat yang dapat mengabsorpsi sinar UV maka semakin cepat terputusnya rantai HDPE menjadi fragmen-fragmen kecil sehingga HDPE semakin cepat terdegradasi.

Sedangkan perbandingan nilai absorbansi terhadap variasi lama penyinaran dengan sinar UV pada film HDPE + kobalt stearat 0,1% (w/w) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum ATR film HDPE + kobalt stearat 0,1% w/w dengan variasi lama penyinaran

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran pada film HDPE menyebabkan nilai absorbansi pada bilangan 1712 cm^{-1} cenderung semakin besar. Hal ini mengakibatkan HDPE semakin mudah untuk terdegradasi di alam.

KESIMPULAN

Kobalt stearat sebagai aditif okso-biodegradasi dapat menginisiasi polimer HDPE yang menyebabkan proses oksidasi-reduksi sehingga proses degradasi berlangsung lebih cepat. Hasil utama dari degradasi HDPE ini adalah terbentuknya hidroperoksida dan terputusnya rantai panjang HDPE menjadi fragmen-fragmen yang lebih pendek. Hidroperoksida akan terdekomposisi menjadi gugus-gugus karbonil yang ditandai dengan adanya serapan ATR pada bilangan gelombang 1712 cm^{-1} . Dengan adanya gugus karbonil ini maka HDPE akan lebih mudah dan cepat terdegradasi di alam.

DAFTAR PUSTAKA

Abrusci, C., Pablos, JL. T Corrales., 2011, Biodegradation of Photo-degraded Mulching Films Based on Polyethylen and Stearate of Calcium and Iron as Pro-oxidant Additives,

- International Biodeterioration and Biodegradation*. 451-459.
- Ammala, Anne., Stuart B., Katherine D., 2011, An Overview and Biodegradable Polyolefins, *CSIRO Materials Science and Engineering*. 36, 8.
- Corti, Andrea, Sudhakar M., 2010, Oxidation and Biodegradation of Polyethylene Films Containing Pro-oxidant Additives: Synergistic Effects of Sunlight Exposure, Thermal Aging and Fungal Biodegradation, *Polymer Degradation and Stability*. 95, 1106-1114.
- Cottin, Herve., Merie C., Jean F., 2000, An Experimental Study of the Photodegradation of Polyoxymethylene at 122, 147 and 193 nm, *Polymer Degradation and Stability*. 135, 53-64.
- Fontanella, Stephane., Sylvie B., Marek K., 2010, Comparison of the Biodegradability of Various Polyethylene Films Containing Pro-Oxidant Additive, *Polymer Degradation and Stability*. 95, 1011-1021.
- Jakubowicz, Ignacy, Jonas E., 2012), Effects of Reprocessing of Okso-biodegradable and nondegradable Polyethylene on the Durability of Recycled Materials, *Polymer Degradation and Stability*. 97, 316-321.
- Listyarini A., Pudjiastuti W., 2014, Fotodegradasi (Degradasi Abiotik) Kantong Plastik Polietilena yang Mengandung Aditif, *Okso-Biodegradable. J. Kimia Kemasan*. Vol 36 (1), 207-2014.
- Osawa, Zenjiro, 1988, Role of Metals and Metal-Deactivators in Polymer Degradation, *Polymer Degradation and Stability*. 20, 203-236
- Pablos, J.L, C Abrusci, I. Marin, 2010, Photodegradation of polyethylenes: Comparative effect of Fe and Ca-stearates as pro-oxidant additives, *Polymer Degradation and Stability*. 95, 2057-2064.
- Roy, Prasun K., Minna H., 2011, Degradable polyethylene: Fantasy or Reality, *Express Polymer Letters*. 45, 4217-4227.
- Vijayvargia R., Bhadoria AKS., Ajay KM., 2014, Photo and Biodegradation Performance of Polyethylene Blended with Photodegradable Additive Ferrocene (Part-1), *Int. Journal of Applied Science and Engineering Research* 3. 153-170.
- Yoon, M.G., Hyun, J., Kim, M., 2012, Biodegradation of Polyethylene by a Soil Bacterium AlkB Cloned Recombinant Cell, *J. Bioremed Biodegrad.* 3;4.