

Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

Argo Khoirul Anas^a, Nanang Rudianto Ariefta^b, Yuni Nurfiiana^b, Eli Rohaeti^c

^a Progran Studi Kimia, Universitas Islam Indonesia, email: argokhoirulanas@uii.ac.id

^bJurusan Kimia, Universitas Gadjah Mada

^cJurusan Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta

ABSTRACT

The influences of plasticizer on the biodegradability of bioplastic film synthesized from starch obtained from jackfruit seeds with a help of *Acetobacter xylinum* were investigated. In this study, 1,4-butanediol and polyethylene glycol (PEG) 1000 were used as plasticizer. The biodegradation behavior of the resulted bioplastic films was characterized by calculating changes in their mass loss and rate of mass loss. The Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy was also conducted to analyze their functional group. The results shows that all the bioplastic films were well biodegradated, where PEG 1000 with concentration of 0,5% and 1,0% can successfully improve the biodegradability of bioplastic film. Meanwhile, the used of 1,4-butanediol with concentration of 0,5% and 1,0% can increase and decrease the biodegradability of sample, respectively.

Keyword: *Acetobacter xylinum*, Jackfruit Seeds, Bioplastic, Plasticizer

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan bahan pemlastis terhadap biodegradabilitas film bioplastik dari pati biji nangka dengan bantuan *Acetobacter xylinum*. Dalam hal ini, zat pemlastis yang digunakan adalah 1,4-butanadiol and polietilen glikol (PEG) 1000. Biodegradabilitas film bioplastik dikarakterisasi dengan cara menghitung nilai kehilangan massa dan laju kehilangan massanya. Gugus fungsi yang terdapat dalam sampel dikarakterisasi menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sampel film bioplastik dapat terdegradasi dengan baik, di mana PEG 1000 dengan konsentrasi 0,5% mampu meningkatkan biodegradabilitas film bioplastik. Sementara itu, penggunaan 1,4-butanadiol dengan konsentrasi 0,5% dan 1,0%, berturut-turut, mampu meningkatkan dan menurunkan biodegradabilitas sampel.

Kata Kunci: *Acetobacter xylinum*, Biji Nangka, Bioplastik, Pemlastis

Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

(Argo Khoirul Anas, Nanang Rudianto Ariefta, Yuni Nurfiiana, Eli Rohaeti)

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik konvensional berbasis minyak bumi yang terus meningkat dari tahun ke tahun menjadi permasalahan serius yang perlu dicari solusinya. Plastik konvensional ini sulit diurai oleh mikroorganisme dalam tanah, sehingga mengakibatkan jumlah limbah yang makin menumpuk (Handayani dan Wijayanti, 2015). Dampak yang muncul berupa pencemaran lingkungan memberikan ancaman serius bagi kesehatan manusia. Beberapa langkah strategis telah dilakukan pemerintah untuk menekan angka penggunaan plastik, salah satunya adalah dengan mengenakan biaya tambahan untuk setiap penggunaan plastik. Namun, langkah tersebut belum terlalu memberikan efek positif dalam usaha pengurangan jumlah limbah plastik.

Terkait dengan hal tersebut, saat ini secara intensif dikembangkan material kemasan yang mudah diurai oleh mikroba dalam tanah yang disebut dengan bioplastik. Bioplastik merupakan biopolimer alami yang ramah lingkungan dan berpotensi untuk dijadikan bahan substitusi plastik konvensional. Biopolimer ini dapat disintesis dari biomaterial yang relatif mudah diperbaharui seperti pati,

selulosa, protein, lignin, dan kitosan (Reddy, dkk., 2013; Rhim, dkk., 2013). Dari beberapa biomaterial tersebut, pati telah menarik perhatian para peneliti untuk dijadikan bahan dasar pembuatan bioplastik karena memiliki keunggulan di antaranya harganya murah, mudah diperoleh, dan dapat terkomposkan tanpa menghasilkan residu yang bersifat toksik (Xie, dkk., 2013).

Namun, bioplastik berbasis pati memiliki karakteristik dan mekanik yang tidak terlalu baik yaitu bersifat kaku dan rapuh sehingga perlu digunakan zat aditif untuk meningkatkan kualitasnya (Choi, dkk., 1999). Salah satu zat aditif yang dapat digunakan adalah bahan pemlastis, yaitu bahan organik yang berguna untuk memperkecil tingkat kekakuan dari polimer. Zat ini memiliki berat molekul rendah dan berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas suatu polimer (Wypych, 2004). Terkait dengan itu, 1,4-butanadiol dan polietilen glikol (PEG) 1000 merupakan bahan pemlastis yang telah digunakan untuk meningkatkan tingkat keelastisan film bioplastik berbasis pati (Zhai, dkk., 2003; Róz, dkk., 2006). Penambahan kedua zat ini merupakan

salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik bioplastik berbasis pati tersebut.

Sebagai polimer yang mudah terdegradasi, penambahan pemlastis tentu akan mempengaruhi degradabilitas bioplastik berbasis pati. Sehingga diperlukan suatu studi untuk mengetahui perilaku degradasi bioplastik berbasis pati serta pengaruh penambahan pemlastis terhadap proses degradasi tersebut. Hal ini berkaitan dengan berapa lama material bioplastik tersebut akan terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah. Dalam penelitian ini, pati yang digunakan berasal dari biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*), mengingat pemanfaatan pati dari biji nangka belum begitu maksimal. Kajian mengenai hal ini sangat penting karena akan membantu pembuatan desain bioplastik berbasis pati untuk tujuan lain atau berbahan dasar lain dengan tingkat degradasi yang telah diketahui.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah blender, pH-meter, penyaring, timbangan analitik, bak fermentasi, kompor, pengaduk, dan FTIR Shimadzu-8300

Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)
(Argo Khoirul Anas, Nanang Rudianto Ariefita, Yuni Nurfiiana, Eli Rohaeti)

Bahan

Bahan yang digunakan adalah biji nangka, asam asetat pa, aquades, gula pasir, urea, *Acetobacter xylinum*, 1,4-butanadiol, dan PEG 1000.

CARA KERJA

Tahap Pembuatan Nata

Sebelum membuat bioplastik, bahan-bahan organik diubah terlebih dahulu menjadi nata. Dalam hal ini yang digunakan dalam percobaan adalah parutan biji nangka. Parutan biji nangka tersebut selanjutnya di rebus sampai mendidih. Pada saat perebusan, dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 2,5% dan urea 0,5% dari banyaknya larutan. Setelah mendidih, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* dan asam asetat guna menjaga pH dalam kisaran 3,0–4,0. Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan pemlastis terhadap sifat mekanik bioplastik maka ditambahkan larutan 1,4-butanadiol dan PEG 1000. Larutan hasil penyaringan difermentasikan melalui perlakuan fermentasi selama 5 hari.

Tahap Pengeringan

Tahap pengeringan nata meliputi:

- a. Pengepresan nata menjadi bentuk film.
- b. Pengeringan nata selama dua hari menjadi film dengan cara diangin-anginkan dan tidak terkena cahaya matahari langsung.

Tahap Karakterisasi Bioplastik

- a. Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan cara meletakkan sampel bioplastik dalam tanah yang mengandung pupuk kandang. Setelah sepuluh hari, sampel diambil, dibersihkan kemudian ditimbang. Pada proses biodegradasi, uji standar yang dapat dilakukan adalah uji kehilangan massa dan laju kehilangan massa dalam kurun waktu tertentu. Nilai tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\text{Kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \dots\dots(1)$$

dengan

W_i = massa sampel sebelum diinkubasi.

W_f = massa sampel sesudah dibiodegradasi.

Adapun penentuan laju kehilangan massa (v) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2)

$$v = \frac{W_i - W_f}{\Delta t} \dots\dots\dots(2)$$

dengan

v = laju kehilangan massa.

t = waktu yang dibutuhkan untuk biodegradasi

- b. Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik dari pati biji nangka dengan penambahan zat pemlastis. Analisis data dilakukan dengan mengamati serapan-serapan yang muncul pada masing-masing spektrum FTIR.

PEMBAHASAN

Pembuatan Film Bioplastik

Air parutan biji nangka yang ditambah starter *Acetobacter xylinum* dan difermentasi selama 5 hari membentuk lapisan pelikel selulosa yang mengambang pada permukaan media, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Lapisan pelikel ini merupakan hasil aktivitas *Acetobacter xylinum* dengan nutrisi yang terdapat dalam media kultur (Mohammad, dkk., 2014; Hassan, dkk., 2015). Glukosa yang digunakan sebagai komponen utama untuk menghasilkan lapisan pelikel selulosa bersumber dari pati biji nangka. Terdapat dua perlakuan yang diberikan yaitu

Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

penambahan 1,4-butanadiol dan PEG 1000 dengan konsentrasi 0,5% dan 1,0%. Dalam penelitian ini, penggunaan butanadiol dan PEG 1000 dengan konsentrasi di atas 1,0% mengakibatkan tidak terbentuknya lapisan pelikel bioplastik, hal ini karena aktivitas *Acetobacter xylinum* terganggu jika konsentrasi bahan pemlastis tersebut terlalu tinggi.



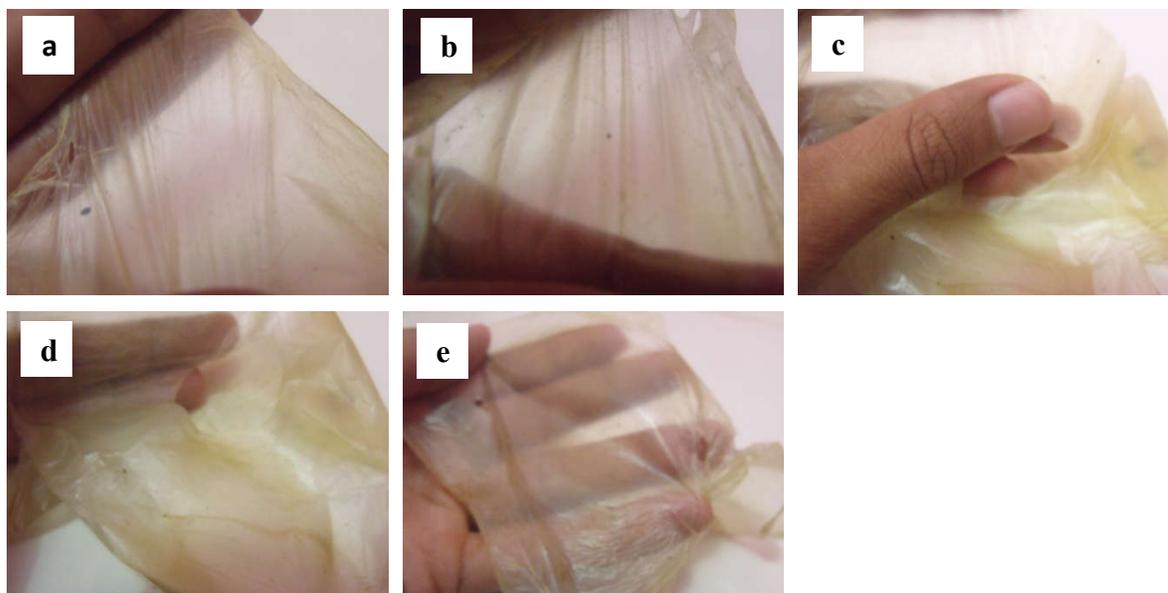
Gambar 1. Lapisan Pelikel Selulosa Hasil Fermentasi

Lapisan pelikel yang terbentuk kemudian dikeringkan pada suhu kamar untuk mendapatkan film bioplastik kering. Dalam hal ini, film bioplastik kering merupakan material transparan berwarna putih kekuningan sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

Analisis Biodegradasi

Analisis biodegradasi film bioplastik dilakukan dengan menginkubasikan sampel yang berukuran 2 x 2 cm di dalam tanah yang mengandung pupuk kandang. Inkubasi ini dilakukan di dalam wadah plastik terbuka pada suhu kamar selama 10 hari. Setelah proses inkubasi selesai, sampel diambil, dibersihkan, ditimbang, dan dihitung pengurangan massanya untuk mengetahui nilai kehilangan massa dan lajunya. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Adanya proses degradasi oleh mikroorganisme dalam media inkubasi ditandai dengan bertambahnya persen kehilangan massa pada setiap sampel. Berdasarkan data persen kehilangan massa pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa semua film bioplastik yang diuji mengalami penurunan massa, hal ini karena dalam media perlakuan terdapat mikroorganisme yang mengurai film bioplastik (Rohaeti, 2009), sehingga dapat dikatakan semua sampel film bioplastik dapat terbiodegradasi dalam waktu 10 hari.



Gambar 2. Film Plastik *Biodegradable* dengan: (a) Tanpa Perlakuan; (b) Penambahan Butanadiol 0.5%; (c) Penambahan Butanadiol 1.0%; (d) Penambahan PEG 1000 0.5%; (e) Penambahan PEG 1000 1.0%

Dalam hal ini, interaksi antara bahan aditif berupa 1,4-butanadiol dan PEG 1000 dengan selulosa mempengaruhi persen kehilangan massa masing-masing sampel. Penambahan PEG 1000 menambah laju biodegradasi sampai dengan 100%, sedangkan dengan penambahan 1,4-butanadiol pada

konsentrasi 0,5% lajunya bertambah, dan pada konsentrasi 1% lajunya menurun. Laju kehilangan massa ini dipengaruhi oleh kemudahan bahan film bioplastik tersebut untuk diurai oleh mikroorganisme dalam tanah, semakin kuat ikatan-ikatan yang terjadi dalam film bioplastik, maka semakin sulit untuk diurai.

Tabel 1. Hasil Uji Biodegradasi

No.	Perlakuan	Massa sebelum inkubasi (g)	Massa setelah inkubasi (g)	Kehilangan massa (%)	Laju Kehilangan Massa (g/hari)
1	Tanpa perlakuan	10,00	0,15	98,50	0,98
2	Butanadiol 0,5%	10,00	0,07	99,30	0,99
3	Butanadiol 1,0%	10,00	0,16	98,40	0,98
4	PEG 1000 0,5%	10,00	0,00	100,00	1,00
5	PEG 1000 1,0%	10,00	0,00	100,00	1,00

Pengaruh Penambahan 1,4-Butanadiol dan Polietilen Glikol (PEG) 1000 terhadap Kemudahan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

(Argo Khoirul Anas, Nanang Rudianto Ariefita, Yuni Nurfiiana, Eli Rohaeti)

Analisis FTIR

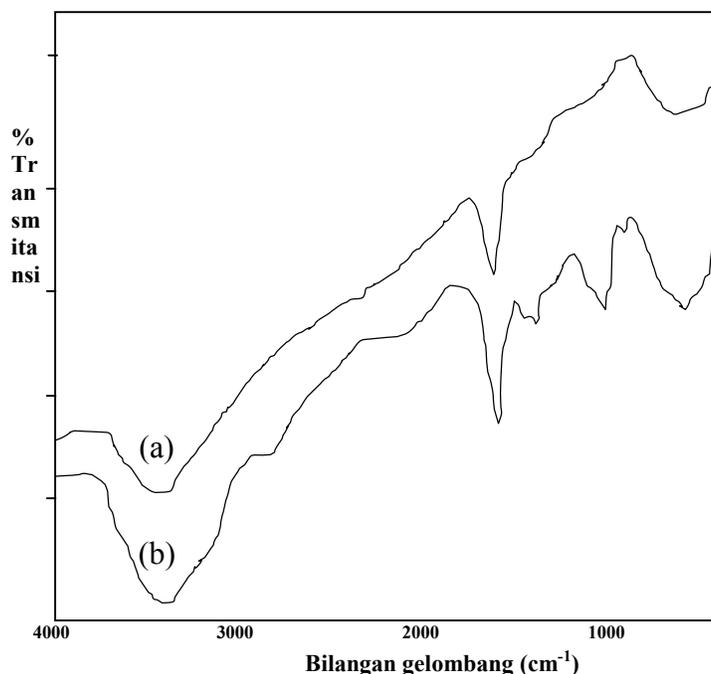
Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari film bioplastik. Gugus-gugus fungsi ini berperan dalam kemudahan biodegradasi masing-masing sampel, karena setiap gugus fungsi mampu mengadakan interaksi dengan gugus fungsi yang berada disekitarnya. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam sampel film bioplastik tanpa perlakuan dan sampel film bioplastik dengan penambahan 1,4-butanadiol 0.5%.

Pada Gambar 3(a) terdapat serapan pada bilangan gelombang $3451,59 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan serapan dari ikatan O-H yang berasal dari unit ulang glukosa; serapan pada bilangan gelombang $1641,03 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan ikatan C=O pada ujung terminal glukosa; dan serapan pada bilangan gelombang $615,07 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan piranosa.

Melalui Gambar 3(b) dapat diketahui bahwa terdapat serapan pada bilangan gelombang $3441,08 \text{ cm}^{-1}$ yang

merupakan serapan dari ikatan O-H dari monomer glukosa; serapan pada bilangan gelombang 2354 cm^{-1} menunjukkan serapan C-H; serapan pada 1638 cm^{-1} menunjukkan serapan C=O pada ujung terminal glukosa; serapan pada $1107,04 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan ikatan C-O-C glikosidik dan bentuk piranosa.

Pada kedua spektra FTIR bioplastik tersebut dapat diamati bahwa serapan OH pada penambahan 1,4-butanadiol 0,5% lebih melebar dan intensitasnya lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh adanya penambahan gugus OH dari 1,4-butanadiol yang berinteraksi dengan selulosa. Diperkuat lagi dengan adanya serapan di daerah 2354 cm^{-1} yang menunjukkan serapan C-H dari 1,4-butanadiol. Spektra tersebut menunjukkan bahwa penambahan 1,4-butanadiol dapat mengadakan interaksi dengan selulosa sampai dengan intra molekul, karena 1,4-butanadiol tidak hilang pada proses pencucian.



Gambar 3. Spektra FTIR sampel film bioplastik:(a) tanpa perlakuan; (b) dengan penambahan 1,4-butanadiol 0,5%

KESIMPULAN

Penambahan zat pemlastis berupa 1,4-butanadiol dan PEG 1000 tidak memberikan pengaruh yang terlalu signifikan terhadap biodegradabilitas film bioplastik dari pati biji nangka, karena seluruh nilai biodegradabilitasnya sama – sama di atas 90%. Penambahan PEG 1000 menambah laju biodegradasi sampai dengan 100%, sedangkan dengan penambahan 1,4-butanadiol pada konsentrasi 0,5% lajunya bertambah, dan pada konsentrasi 1% lajunya menurun. Laju kehilangan massa ini dipengaruhi

oleh kemudahan bahan film bioplastik tersebut untuk diurai oleh mikroorganisme dalam tanah, semakin kuat ikatan-ikatan yang terjadi dalam film bioplastik, maka semakin sulit untuk diurai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, atas bantuan dana melalui hibah PKM-P 2011.

PUSTAKA

- Choi, E.J., Kim, C.H. and Park, J.K., 1999. Synthesis and characterization of starch-g-polycaprolactone copolymer. *Macromolecules*, 32(2), pp.7402-7408.
- Da Róz, A.L., Carvalho, A.J.F., Gandini, A. and Curvelo, A.A.S., 2006. The effect of plasticizers on thermoplastic starch compositions obtained by melt processing. *Carbohydrate Polymers*, 63(3), pp.417-424.
- Handayani, P.A. dan Wijayanti, H., 2015. Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Limbah Biji Durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), pp.21-26.
- Hassan, E.A., Abdelhady, H.M., El-Salam, S.S.A. and Abdullah, S.M. 2015. The Characterization of Bacterial Cellulose Produced by *Acetobacter xylinum* and *Komgataeibacter saccharovorans* under Optimized Fermentation Conditions. *British Microbiology Research Journal*, 9(3).
- Mohammad, S.M., Rahman, N.A., Khalil, M.S. and Abdullah, S.R.S. 2014. An Overview of Biocellulose Production Using *Acetobacter xylinum* Culture. *Advances in Biological Research*, 8(6), pp.307-313.
- Reddy, M.M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S.K. and Mohanty, A.K., 2013. Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10), pp.1653-1689.
- Rhim, J.W., Park, H.M. and Ha, C.S., 2013. Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38(10), pp.1629-1652.
- Rohaeti, Eli. 2009. Karakterisasi Biodegradasi Polimer. Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA: FMIPA UNY.
- Wypych, G., 2004. *Handbook of plasticizers*. ChemTec Publishing.
- Xie, F., Pollet, E., Halley, P.J. and Averous, L., 2013. Starch-based nano-biocomposites. *Progress in Polymer Science*, 38(10), pp.1590-1628.
- Zhai, M., Yoshii, F. and Kume, T., 2003. Radiation modification of starch-based plastic sheets. *Carbohydrate Polymers*, 52(3), pp.311-317.