

Kajian Biodegradasi Film Plastik Campuran Polistiren dengan Poli(3hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat) dalam Tanah Secara *In-vitro*

Asiska Permatadewi¹, Erizal¹, Rustini¹, Akmal Djamaan^{1,2}

¹Fakultas Farmasi, Universitas Andalas, Limau Manis, Padang

²Laboratorium Bioteknologi Biota Sumatera, Universitas Andalas, Padang

ABSTRACT

The in vitro biodegradation assay of plastic of the mixture of polystyrene (PS) and poly (3-hydroxybutirate-co-3-hydroxyvalerat) [P(3HB-ko-3HV)] in soil has been carried out. Plastic film was produced by using blending technique and followed by solved casting at various composition. The biodegradation testing was conducted by using soil burial method. Result showed that the increase in component [P(3HB-ko-3HV)] in the mixture of plastic film was also increase the biodegradation rate of plastic film in the soil. At the composition 100:0, 95:5, 90:10 and 85:15 of plastic film at is 5 weeks burial was found that plastics weight remaining 99.67; 95.71; 95.03; 94.13% w/w respectively. It is also observed that the amount of bacteria in the soil were of 2.57×10^6 colonies/g.

Keywords: biodegradation, polystyrene, poly(3-hidroxybutirate-ko-3-hidroxyivalerate), plastic film, soil.

Diterima : Maret 2012, disetujui untuk diterbitkan : April 2013

Pendahuluan

Poli (3-hidroksibutirat) atau P(3HB) dan kopolimernya poli atau P(3HB-ko-3HV) adalah biopolimer yang dewasa ini banyak digunakan dalam bidang farmasi dan medis. Kedua biopolimer ini digunakan sebagai zat pembawa sediaan obat lepas lambat (*sustained release drug*), matriks untuk memperbaiki rekahan tulang, benang jahit operasi, sumber senyawa kiral untuk obat-obatan dan memperbaiki struktur kulit pada operasi plastik (Rezwan *et al.*, 2006; Nubia *et al.*, 2007)

Di beberapa negara maju seperti Inggris, Jepang, Jerman, Korea Selatan dan Amerika Serikat telah mulai diwajibkan penggunaan biopolimer sebagai bahan kemasan plastik untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Djamaan, 2011). Di Indonesia, upaya kearah itu belum banyak mendapatkan perhatian sehingga kerusakan lingkungan akibat plastik sintetis sangat mengkhawatirkan. Dalam bidang farmasi, penggunaan plastik sintetis di antaranya sebagai bahan pembuatan botol infus, botol-botol obat sirup

seperti OBH, OBP, botol alkohol 70%, kemasan obat tetes mata, dan kemasan sediaan makanan dan minuman.

Bertitik tolak dari permasalahan itu, pada penelitian ini akan dikembangkan formula biopolimer berupa film plastik ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan sebagai kemasan untuk sediaan farmasi, makanan, dan minuman yang lebih ramah lingkungan, yaitu P(3HB-ko-3HV). Senyawa P(3HB-ko-3HV) ini termasuk kelompok biopolimer yang dihasilkan oleh bakteri yang dikenal dengan kelompok poli(3-hidroksialkanoat) atau P(3HA). Doi (1990) melaporkan produksi P(3HB-ko-3HV) oleh bakteri *Alcaligenes eutrophus* dari bahan dasar asam butirat dan asam alerat. Sementara itu, Djamaan (2004) melaporkan penggunaan minyak kelapa sawit dan n-pentanol untuk menghasilkan P(3HB-ko-3HV) dalam bioreaktor berkapasitas 10 L menggunakan bakteri *Erwinia* sp. USMI-20.

Selama ini penggunaan biopolimer P(3HB-ko-3HV) sebagai bahan kemasan ramah lingkungan masih terbatas. Hal ini disebabkan P(3HB-ko-3HV) memiliki sifat mudah pecah dan rapuh, sehingga

menjadi kendala dalam penggunaannya secara konvensional untuk menggantikan plastik sintetis (Djamaan, 2011; Majid *et al.*, 1999). Berbagai usaha dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya ini. Salah satu cara yang dilakukan akhir-akhir ini adalah membuat bentuk campuran P(3HB-ko-3HV) dengan polimer sintetis lain sehingga dihasilkan bahan film plastik yang kuat serta dapat terurai bila dibuang ke lingkungan. Dari studi literatur yang kami lakukan pembuatan film plastik campuran plastik sintetis PS dengan biopolimer berupa kopolimer P(3HB-ko-3HV), belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan film plastik campuran PS dengan P(3HB-ko-3HV) dan dilanjutkan dengan pengujian biodegradasinya dalam berbagai media lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat film plastik campuran plastik sintetis PS dan bioplastik P(3HB-ko-3HV) dengan berbagai perbandingan dan mengamati laju biodegradasi film plastik campuran plastik sintetis PS dan bioplastik P(3HB-ko-3HV) dalam berbagai media lingkungan secara *in-vitro*. Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan bahan berupa film plastik campuran plastik sintetis (PS) dengan bioplastik P(3HB-ko-3HV) yang dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai kemasan ramah lingkungan untuk sediaan farmasi, makanan, dan minuman serta peralatan rumah tangga.

Metode Penelitian

Penyiapan Sampel Uji

Film plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) dibuat dengan berbagai perbandingan (100:0, 95:5, 90:10, 85:15). PS dimasukkan ke dalam gelas piala kemudian ditambahkan 10 mL kloroform dan dipanaskan di atas halic sampai larut dan mendidih. Setelah itu ditambahkan P(3HB-ko-3HV) ke dalam gelas piala yang sama dan diaduk sampai homogen. Selanjutnya, dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan kering pada suhu ruang sehingga diperoleh film plastik. Film plastik yang terbentuk ditimbang beratnya dan diukur ketebalannya dengan jangka sorong. Hal yang sama dilakukan untuk semua perbandingan.

Kemudian film plastik dipotong dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm dan ditimbang berat masing-masing potongan plastik tersebut. Potongan plastik ini merupakan sampel yang akan diuji penguraiannya dan berat yang ditimbang adalah merupakan nilai berat awal dari masing-masing sampel film plastik. Untuk setiap pengujian pada setiap perbandingan dilakukan dua kali pengulangan (duplo).

Pengujian Biodegradasi

Pengujian biodegradasi film plastik ini dilakukan secara *in-vitro* dalam media lingkungan berupa tanah sesuai dengan metode standar yang direkomendasi oleh American Society for Testing and Materials (ASTM) (Swift, 1994). Dalam percobaan ini tanah diambil dari Kebun Tanaman Obat (KTO) di Universitas Andalas, Padang. Parameter penguraian yang diamati adalah pengurangan berat dari plastik yang diuji setelah dikubur (*Soil Burial Test*) di dalam tanah (Sawada, 1994; Djamaan *et al.*, 2003).

Masing-masing sampel dimasukkan ke dalam nampan plastik. Film plastik dengan ukuran 1,5 cm x 1,5 cm dari masing-masing perbandingan dimasukkan ke dalam tanah sampai terbenam. Setelah periode waktu tertentu sampel diangkat dari tempat perlakuan, dibersihkan dengan air suling dan dikeringkan sampai berat konstan, kemudian ditimbang berat film plastik yang tersisa. Periode waktu pengambilan film plastik adalah minggu pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima. Data penunjang lainnya juga dilakukan pengukuran pH dengan pH meter elektrometrik dan penentuan Angka Lempeng Total (ALT) bakteri yang tumbuh dalam media NA dari suatu sampel yang telah diencerkan terlebih dahulu (Djamaan *et al.*, 2003). Dihitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh dan dikalikan dengan faktor pengencerannya. Hasilnya dinyatakan sebagai Angka Lempeng Total (ALT) dalam tiap gram atau tiap mL sampel.

Hasil dan Pembahasan

Sampel bioplastik yang digunakan dalam penelitian ini, dibuat dalam bentuk campuran PS dan P(3HB-ko-3HV) dengan teknik *blending* yang diikuti dengan penguapan pelarut (*Solven Casting*). Dalam hal ini PS mewakili plastik sintetis yang berasal dari minyak bumi dan P(3HB-ko-3HV) mewakili bioplastik yang dibuat dengan cara fermentasi menggunakan bakteri tertentu. PS dan P(3HB-ko-3HV) dilarutkan dalam kloroform dan dalam keadaan mendidih sambil dikocok agar didapatkan plastik film yang homogen. Metode ini menurut peneliti sebelumnya yang juga menggunakan teknik yang sama, akan menghasilkan film plastik yang tercampur hanya secara fisika, dimana komponen biopolimer P(3HB-ko-3HV) akan mengisi sela-sela ikatan antara monomer polistiren tanpa adanya ikatan kimia yang terbentuk antara keduanya (Djamaan *et al.*, 2003; Tokiwa dan Iwamoto, 1994).

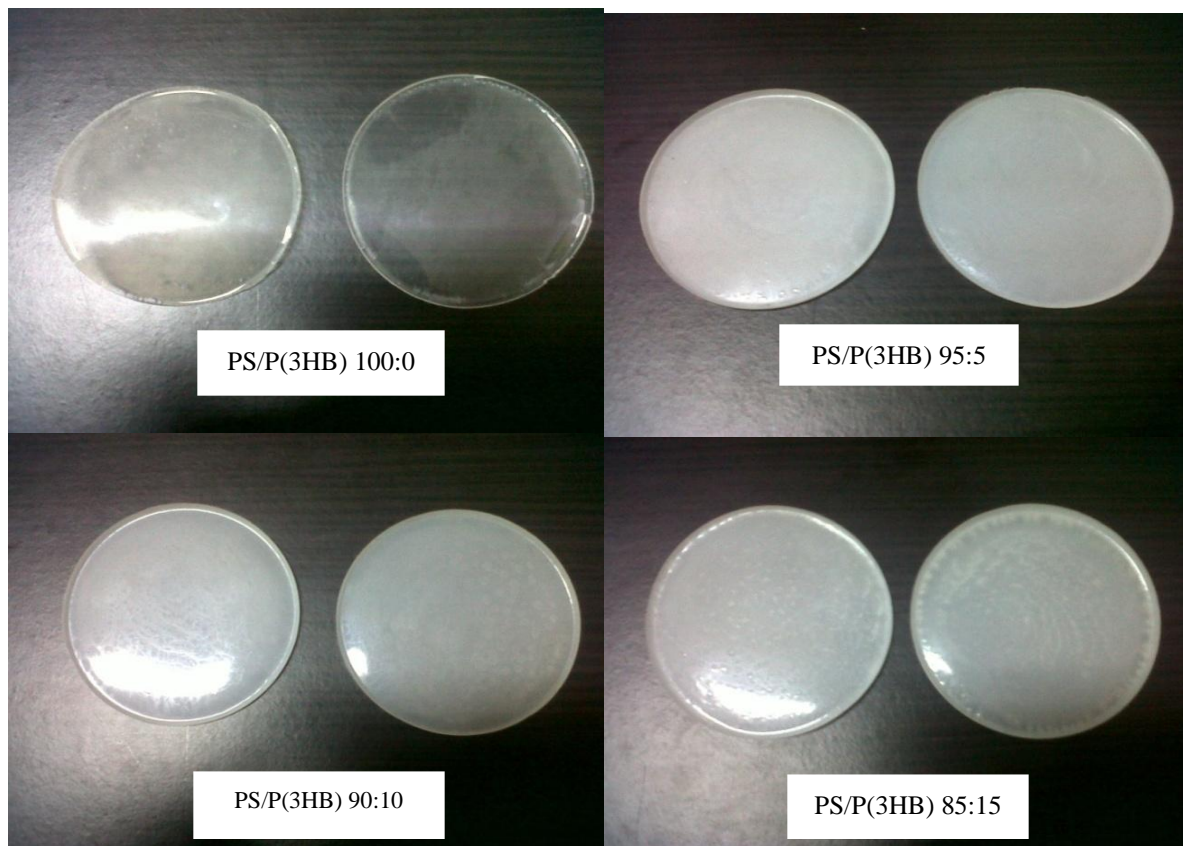
Penggunaan komponen P(3HB-ko-3HV) agar didapatkan film plastik yang tetap kuat dan kaku seperti halnya polistiren murni, namun dapat dipercepat penguraiannya dengan adanya P(3HB-ko-3HV). Di samping pertimbangan sifat fisika tersebut, dalam percobaan ini penambahan biopolimer dibatasi maksimum 15% b/b, agar tidak terlalu menaikkan biaya produksinya, karena harga P(3HB-ko-3HV) untuk saat ini relatif tinggi. Dengan demikian, apabila film plastik ini suatu saat diproduksi dalam skala besar oleh industri, harganya masih terjangkau dan bersaing dengan plastik sintetis biasa.

Film plastik yang dihasilkan dari campuran plastik sintetis PS dengan bioplastik P(3HB-ko3HV) dalam berbagai formula (100:0, 95:5, 90:10, 85:15).

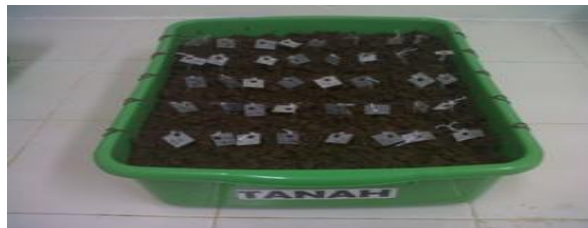
Film plastik berwarna putih agak keruh dengan ketebalan rata-rata 0,2 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Film-film inilah yang selanjutnya diuji penguraiannya di dalam tanah.

Pada percobaan ini, pengujian biodegradasi dilakukan pada media lingkungan tanah. Media ini dipilih karena mewakili salah satu kondisi lingkungan di alam dimana biasanya limbah plastik banyak dibuang.

Dari hasil uji biodegradasi film plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) terlihat pengurangan berat sampel. Hasil dari percobaan ini menunjukkan bahwa pengurangan berat sampel bervariasi tergantung pada konsentrasi perbandingan campuran film plastik tersebut



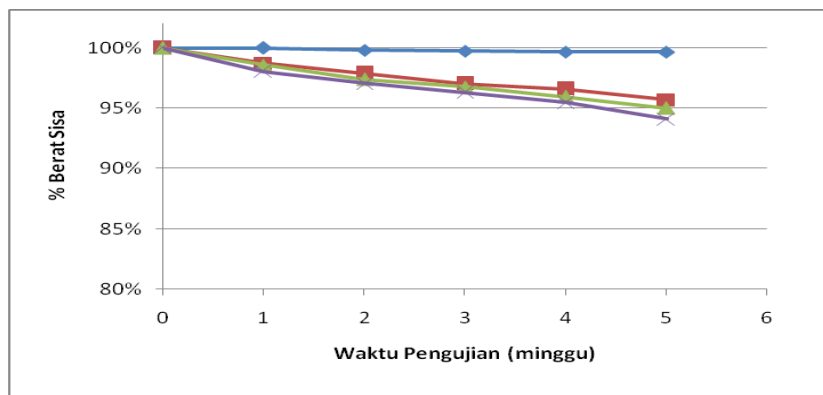
Gambar 1. Bentuk film campuran PS/P(3HB-ko-3HV) dengan berbagai perbandingan yang diuji dalam penelitian ini.



Gambar 2. Proses pengujian biodegradasi filemplastik campuran PS danP(3HB-ko-3HV) dalam tanah secara *in-vitro*.

Pengujian biodegradasi filem plastik ini dilakukan secara *in-vitro* dengan membawa media ini ke laboratorium (Gambar.2). Apabila pengujian langsung di alam terbuka (*in-situ*) akan sangat sulit mengontrol keamanan dari sampel-sampel uji dan ada kemungkinan sampel hilang dimakan oleh hewan yang berada disekitar tanah tersebut Filem

plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) Filem plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) setelah ditanam dalam tanah selama 5 minggu berat filem campuran plastik pada perbandingan 100:0, 95:5, 90:10 dan 85:15 secara berturut-turut 99,67% b/b; 95,71% b/b; 95,03% b/b dan 94,13% b/b. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa filem



Gambar 3. Profil biodegradasi filem plastik PS dan P(3HB-ko-3HV) dengan berbagai perbandingan dalam media tanah.

Keterangan : ♦ = Filem plastik PS/P(3HB-ko-3HV) dengan perbandingan 100:0
 ■ = Filem plastik PS/P(3HB-ko-3HV) dengan perbandingan 95:5
 ▲ = Filem plastik PS/P(3HB-ko-3HV) dengan perbandingan 90:10
 × = Filem plastik PS/P(3HB-ko-3HV) dengan perbandingan 85:15

plastik yang memiliki persentase P(3HB-ko-3HV) lebih besar dalam campuran akan mengalami pengurangan berat awal lebih besar setelah dilakukan uji penguraian.

Profil penguraian filem plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) pada setiap perbandingan di dalam tanah disebabkan oleh pengaruh jumlah populasi mikroba dalam media uji, pH, kelembaban dan sifat material plastik (Doi, 1990). Namun, yang sangat berperan dalam penguraian filem plastik adalah jumlah populasi mikroba (bakteri) yang terdapat dalam media uji karena yang menguraikan filem plastik ini adalah bakteri, tetapi tidak semua bakteri yang dapat menguraikan filem plastik. Bakteri pengurai plastik ini adalah bakteri yang memiliki enzim P(3HB) depolimerase yang akan menguraikan biopolimer menjadi molekul yang lebih sederhana (Djamaan, 2011).

Berdasarkan berat sisa dari filem plastik pada konsentrasi 85:15 lebih cepat terurai dibandingkan dengan konsentrasi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan 85:15 mengandung komponen bioplastik P(3HB-ko-3HV) yang paling

banyak dibandingkan perbandingan lain. P(3HB-ko-3HV) merupakan plastik biourai yang mengalami penguraian seratus persen apabila

dibuang ke lingkungan (Majid *et al.*, 1999), sehingga dengan adanya komponen tersebut dalam filem plastik yang diuji akan menyebabkan penguraian yang lebih cepat, dibandingkan dengan polistiren murni.

Data kerapatan populasi bakteri ini mempunyai korelasi positif dengan terjadinya pengurangan berat dari sampel filem plastik yang diuji (Wool, 1994). Ditemui bahwa semakin banyak populasi bakteri di dalam media uji ditemui, maka akan semakin cepat penguraian terjadi. Pada penelitian ini jumlah populasi mikroba dalam media uji sebanyak $2,57 \times 10^6$ dan pH nya 6,5. Hasil yang hampir sama juga dilaporkan oleh peneliti sebelumnya yang melakukan pengujian biodegradasi dari sampel filem plastik P(3HB) dan kopolimernya P(3HB-ko-3HV) (Djamaan., 2004).

Dibandingkan dengan plastik sintesis, filem plastik campuran PS dan P(3HB-ko-3HV) ini memperlihatkan sifat penguraian yang lebih baik dibandingkan dengan polistiren murni. Jadi hasil penelitian ini sangat bermanfaat untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh plastik sintesis. Plastik campuran plastik sintesis dan bioplastik yang diteliti ini mempunyai prospek yang cerah untuk dikembangkan sebagai bahan kemasan produk-produk kemasan farmasi, seperti

obat, makanan, minuman dan kosmetika serta produk lainnya yang lebih ramah lingkungan.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan komponen P(3HB-ko-3HV) dalam filem plastik campuran PS dan P(3HB-ko-3HV) berpengaruh terhadap kecepatan penguraian filem plastik dalam tanah. Bertambah besar persentase komponen P(3HB-ko-3HV) dalam campuran filem plastik tersebut. Sementara itu, kerapatan bakteri dalam tanah tempat pengujian biodegradasi dilakukan adalah sebesar $2,57 \times 10^6$ koloni/gram.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, yang telah membiayai penelitian ini melalui skim Penelitian Hibah Kompetensi No. 351/SP2H/PL/Dit.Litabmas/IV/2011 Tanggal 14 April 2011

Daftar Pustaka

- Djamaan, A., M.N. Azizan and M.I.A. Majid. 2003. Biodegradation of Microbial Polyesters P(3HB) and P(3HB-co-3HV) under The Tropical Climate Environment, *Int. J. Polym. Degrad. Stab.* 80: 513-518.
- Djamaan, A. 2004. Penghasilan dan Pencirian P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dari Berbagai Sumber Karbon oleh *Erwinia* sp USMI-20. *PhD Tesis*. Penang: Universitas Sains Malaysia.
- Djamaan, A. 2011. *Konsep Produksi Biopolimer P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) Secara Fermentasi*. Padang: Andalas University Press.
- Doi, Y. 1990. *Microbial Polyester*. New York: UCH Publ. Inc.
- Majid, M. I. A., Akmal, D., Few, L. L., Agustien, A., Toh, M. S., Samian, M. R., Najimudin, N. & Azizan, M. N. 1999. Production of Poly(3-hydroxybutyrate) and its Copolymer Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by *Erwinia* sp. USMI-20. *Int. J. Biol. Macromol.* 25: 95-104
- Nubia M., Ivonne M., Dionisio M., Victoria G., Dolly R., Diego S., Juan G., Fabio A., Armando E and Dolly M. 2007. Bioprospecting and characterization of poly-hydroxyalkanoate (PHAs) producing bacteria isolated from Colombian sugarcane producing areas, *African J. of Biotechnol.*, 6 (13)1536-1543.
- Rezwan K., Q. Z. Chen., J. J. Blaker & A. R. Boccaccini. 2006. Biodegradable and Bioactive Porous Polymer/Inorganic Composite Scaffolds for Bone Tissue Engineering. *Biomaterials*, 27: 3413-3431.
- Sawada, H. 1994. Field Testing of Biodegradable Plastics. *Biodegradable Plastic and Polymer*, 298-312.
- Swift, G. (1994). Expectation for biodegradation testing methods, in: *Biodegradable Plastics and Polymers* (Eds. Doi, Y. and Fukuda, K.), Amsterdam. Elsevier Science. B.V, 228-249.
- Tokiwa, Y., Ando, T. & Suzuki, T. 1976. Degradation of Polycaprolactone by Fungus. *J. Ferment. Technol.*, 54, 603-608.
- Wool, R. 1994. Perspectives on Standard Test Methods for Biodegradable Plastic, *Biodegradable Plastic and Polymers*, (Eds. Doi, Y. and K. Fukuda), Elsevier Science B. V.,

