

## Kajian Biodegradasi Film Plastik Campuran Polimer Sintetik dengan Biopolimer dalam Larutan Air

Melzi Octaviani<sup>1</sup>, Erizal Zaini<sup>1</sup>, Akmal Djamaan<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** The degradation of a plastic film containing polymer synthetic polystyrene (PS) and biopolymer poly(3-hydroxybutyrate) [P(3HB)] and poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerat) [P(3HB-co-3HV)] in various composition in aqueous solution by in-vitro and in-vivo has been carried out. The testing was conducted based on immersion test in aquadest, river water, pH 4 solution, 6, 8 and 10. Rate degradation measured use linear regression equality and parameter is time degradation 50% (t 50%), time degradation 95% (t 95%) and indicated by the slope (k). The results showed that, degradation of a plastic film containing PS and P(3HB) in pH 6 solution occurred faster, followed by ratio PS/ P(3HB) 95:5, PS/ P(3HB) 90:10, PS/ P(3HB) 85:15 and PS/ P(3HB) 80:20, in contrast degradation of pure PS (100:0) not occurred. It is also observed that the biodegradation plastic film containing PS/P(3HB-co-3HV) in river water ratio PS/P(3HB-co-3HV) 95:5, PS/P(3HB-co-3HV) 90:10 and PS/P(3HB-co-3HV) 85:15, in contrast degradation of pure PS (100:0) not occurred.

**Keywords:** biodegradation, polystyrene, poly(3-hydroxybutyrate), poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerat), plastic film.

**ABSTRAK:** Telah dilakukan uji penguraian film plastik campuran polimer sintetik polistiren (PS) dengan biopolimer poli(3-hidroksibutirat) [P(3HB)] dan poli (3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat) [P(3HB-ko-3HV)] dengan berbagai perbandingan dalam larutan air secara in-vitro dan in-vivo. Pengujian dilakukan dengan metode immersion test dalam air suling, air sungai, larutan pH 4, 6, 8 dan 10. Laju penguraiannya dihitung dengan menggunakan persamaan regresi linear dengan parameter meliputi: waktu penguraian 50% b/b (t 50%), waktu penguraian 95% b/b (t 95%) dan konstanta laju penguraian (k). Penguraian film plastik terjadi paling cepat dalam larutan pH 6 dengan perbandingan PS/P(3HB) 95:5, diikuti oleh PS/P(3HB) 90:10, diikuti oleh PS/P(3HB) 85:15 dan PS/P(3HB) 80:20, sedangkan film plastik PS murni (100:0) tidak mengalami penguraian. Begitu juga hasil penguraian film plastik campuran PS/P(3HB-ko-3HV) paling cepat terjadi dalam air sungai dengan perbandingan PS/P(3HB-ko-3HV) 95:5 diikuti oleh PS/P(3HB-ko-3HV) 90:10 dan PS/P(3HB-ko-3HV) 85:15, sedangkan film plastik PS murni (100:0) tidak mengalami penguraian.

**Kata kunci:** biodegradasi, polistiren, poli(3-hidroksibutirat), poli(3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat), film plastik.

<sup>1</sup> Fakultas Farmasi Universitas Andalas, Padang

<sup>2</sup> Laboratorium Bioteknologi Biota Sumatera, Universitas Andalas, Padang

---

### Korespondensi:

Akmal Djamaan

Email : akmaldjamaan@gmail.com

## PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan polimer sintetik yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Hampir setiap produk menggunakan plastik sebagai kemasan atau bahan dasar karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan tetapi kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat (1). Setiap tahun sekitar 100 juta ton plastik kemasan sintetik diproduksi dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri, makanan, minuman, farmasi dan furnitur dan sebagainya dan kira-kira sebesar itulah sampah plastik yang dihasilkannya (2).

Pemakaian plastik yang dapat diuraikan (biodegradable plastic) atau ramah lingkungan adalah salah satu jalan keluarnya. Plastik ini dapat diperoleh melalui biosintesa secara fermentasi menggunakan mikroorganisme penghasil poli(3-hidroksialkanoat), P(3HA). Sampai saat ini telah diketahui lebih dari 300 jenis mikroorganisme yang dapat menghasilkan P(3HA) di dalam selnya. Di antara P(3HA), polimer poli(3-hidroksibutirat) [P(3HB)] dan poli(3-hidroksibutirat-ko-3-hidroksivalerat) [P(3HB-ko-3HV)] adalah yang paling banyak diteliti, karena P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) mempunyai sifat mudah terurai dalam jangka waktu tertentu bila dibuang ke lingkungan (2,3).

Penggunaan biopolimer P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) secara luas masih terbatas, hal ini disebabkan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) memiliki sifat mudah pecah dan rapuh sehingga menjadi kendala dalam penggunaannya secara konvensional untuk menggantikan plastik sintetik (2). Untuk mengatasi permasalahan ini telah dilakukan penelitian secara luas untuk memperbaiki sifat fisika P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV). Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan membuat bentuk campuran P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dengan polimer sintetik lain, untuk mendapatkan filem plastik yang kuat dan elastis tetapi terurai di lingkungan.

Polistiren (PS) merupakan salah satu jenis po-

limer yang banyak digunakan bersifat kaku, keras, berwarna putih dan sulit terbiodegradasi oleh mikroorganisme (nonbiodegradable). Polistiren foam dikenal luas dengan istilah styrofoam, banyak digunakan sebagai bahan tempat makan, tempat minum sekali pakai, bahan pelindung dan penahan getaran barang yang fragile, seperti elektronik. Kemasan plastik jenis polistiren sering menimbulkan masalah pada lingkungan karena bahan ini sulit mengalami biodegradasi dan sulit didaur ulang (4).

Uji penguraian filem plastik campuran polistiren dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dalam larutan berair pada berbagai pH dilakukan agar dapat diketahui pH yang cocok untuk penguraian filem plastik. Tujuan ini dapat diaplikasikan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah-sampah plastik yang tidak dapat terurai di lingkungan. Dengan demikian limbah-limbah plastik nantinya dapat dimusnahkan dalam lingkungan pH yang sesuai untuk penguraiannya. Penguraian yang terjadi ditentukan dengan menghitung persentase kehilangan berat dari filem plastik yang diuji dalam selang interval waktu tertentu.

## METODE PENELITIAN

### Sampel

Sampel P(3HB) telah diperoleh dalam bentuk serbuk P(3HB) yang dihasilkan dari *Erwinia sp.* USMI-20. Sampel P(3HB-ko-3HV) telah diperoleh dalam bentuk serbuk P(3HB-ko-3HV) yang dihasilkan dari *Erwinia sp.* USMI-20 menggunakan sumber karbon dari minyak kelapa sawit dan n-pentanol untuk menghasilkan P(3HB-ko-3HV) dalam bioreaktor berkapasitas 10L telah dimurnikan oleh peneliti sebelumnya (5). Polistiren (PS) diperoleh dari bahan styrofoam yang banyak digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getar barang elektronik dengan kode PS-6 sesuai dengan aturan kemasan plastik. Polistiren dan biopolimer ditimbang, dilanjutkan dengan pembuatan filem plastik dari

masing-masing perbandingan. PS dimasukkan ke dalam gelas piala kemudian ditambahkan 10 mL kloroform dan dipanaskan di atas *hot plate* sampai larut dan mendidih. Setelah itu, ditambahkan P(3HB) dan 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. Plastik yang diperoleh dari setiap cawan petri dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm untuk campuran polistiren dengan P(3HB) dan ukuran 1,5 x 1,5 cm untuk campuran polistiren dan P(3HB-ko-3HV) serta ditimbang berat masing-masing potongan plastik tersebut. Potongan plastik ini merupakan sampel yang akan diuji penguraiannya. Untuk setiap pengujian pada setiap perbandingan dilakukan dua kali pengulangan (*duplo*).

### Media

Air suling, air sungai, larutan pH 4, larutan pH 6, larutan pH 8 dan larutan pH 10, komposisi sesuai dengan Farmakope Indonesia (6).

### Kondisi percobaan

Pengujian dilakukan dengan metode pencelupan sampel dalam larutan uji (*immersion test*) (7). Air suling, larutan pH 4, larutan pH 6, larutan pH 8, dan larutan pH 10 dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml, masing-masing sebanyak 100 ml. Dibuat pembungkus segi empat dari kain kasa dengan ukuran 2 x 2 cm sebagai tempat sampel uji untuk meletakkan sampel pada masing-masing media. Pada masing-masing pembungkus dimasukkan 1 lembar sampel pada tiap media dan diberi label. Selanjutnya pembungkus yang berisi sampel dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan diletakkan di atas alat Rotary Shaker Incubator dengan kecepatan guncangan 120 rpm selama 1 minggu.

Penentuan kecepatan penguraian film plastik secara *in-vivo* dalam air sungai sesuai dengan metode standar yang direkomendasi oleh American Society for Testing and Materials (ASTM)

(10). Parameter penguraian yang diamati adalah pengurangan berat dari plastik yang diuji setelah pencelupan (*Water Immersion Test*) dalam air sungai dalam jangka waktu tertentu (8,9).

Masing-masing sampel, dimasukkan ke dalam nampan plastik yang mempunyai panjang 34 cm, lebar 28 cm, dan kedalamannya 13 cm. Uji penguraian pada air sungai dilakukan dengan metode uji pencelupan: plastik film dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm dari masing-masing perbandingan dice-lupkan ke dalam air sungai. 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.

### Penentuan Parameter Fisik Film Plastik

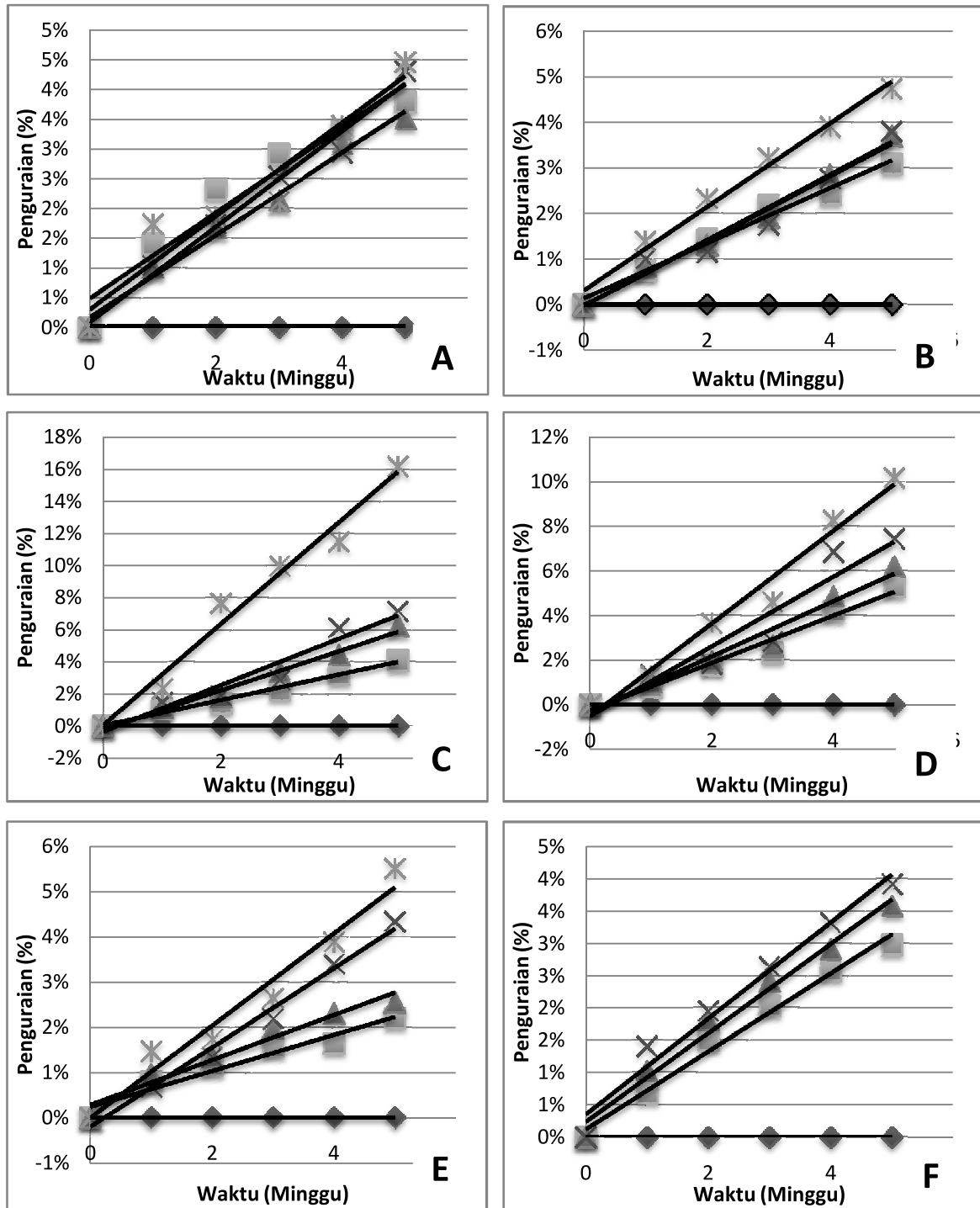
Pegujian titik leleh dengan alat Melting Point Apparatus dan pengujian kuat tarik dengan alat pengukur tensile strength.

### Analisis Data

Dari data yang diperoleh dibuat profil penguraian pada selang waktu pengambilan sampel (minggu) terhadap persen penguraian plastik dari masing-masing media. Dilihat pengaruh dari pencampuran polistiren dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) terhadap lamanya penguraian pada berbagai media yang digunakan dibandingkan dengan film polistiren murni. Dihitung laju penguraiannya dengan menggunakan persamaan regresi linear dan parameternya yang meliputi waktu penguraian 50% (*t* 50%) dan waktu penguraian mendekati 100% (*t* 95%) dari film plastik campuran polistiren dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dibandingkan dengan polistiren murni.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Film plastik yang dihasilkan dalam penelitian ini merupakan film plastik campuran plastik sintetik (polistiren) dengan biopolimer P(3HB)



Keterangan : ♦ = 100:0   ■ = 95:5   ▲ = 90:10   × = 85:15   ✖ = 80:20

**Gambar 1.** Profil laju penguraian film plastik campuran plastik sintetis dan biopolimer pada berbagai perbandingan dalam berbagai media pengujian (A) PS dan P(3HB) dalam air suling (B) PS dan P(3HB) dalam larutan pH 4 (C) PS dan P(3HB) dalam larutan pH 6 (D) PS dan P(3HB) dalam larutan pH 8 (E) PS dan P(3HB) dalam larutan pH 10 (F) PS dan P(3HB-ko-3HV) dalam air sungai.

dan P(3HB-ko-3HV) dengan berbagai perbandingan. Film plastik ini dibuat dengan teknik blending yang diikuti dengan penguapan pelarut (*Solven Casting*). Dari film plastik yang dihasil-

kan dilakukan pengujian sifat fisiknya melalui pengujian titik leleh dan kuat tarik. Pengujian titik leleh film plastik campuran PS dan P(3HB) dengan perbandingan 100:0, 95:5, 90:10, 85:15

dan 80:20 secara berturut-turut adalah 200°C – 210°C, 195°C – 205°C, 185°C – 195°C, 180°C – 190°C, dan 178°C – 188°C. Sementara itu, pengujian terhadap kuat tarik (tensile strength) film plastik campuran PS dan P(3HB) dengan per-

bandingan 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 dan 80:20 secara berturut-turut adalah 40 MPa, 35,9 MPa, 27,5 MPa, 22,10 MPa dan 13,86 MPa. Dari data ini terlihat bahwa film plastik yang dihasilkan, secara fisik berupa lembaran yang kokoh, dan tidak

**Tabel 1.** Perbandingan konstanta laju penguraian, waktu penguraian 50% dan waktu penguraian 95% film plastik campuran PS dengan P(3HB) pada berbagai media pengujian

No.	Parameter Penguraian	Larutan Uji				
		Air suling	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10
1	PS murni					
	k (%/minggu)	-	-	-	-	-
	t 50 % (minggu)	-	-	-	-	-
2	PS dan P(3HB) 95:5					
	k (%/minggu)	0,72	0,61	0,79	1,06	0,40
	t 50 % (minggu)	68,73	82,21	63,06	47,30	124,95
3	PS dan P(3HB) 90:10					
	k (%/minggu)	0,70	0,72	1,22	1,24	0,50
	t 50 % (minggu)	71,93	69,60	41,25	40,70	99,97
4	PS dan P(3HB) 85:15					
	k (%/minggu)	0,80	0,71	1,45	1,56	0,88
	t 50 % (minggu)	62,20	70,36	34,80	32,31	57,31
5	PS dan P(3HB) 80:20					
	k (%/minggu)	0,79	0,92	3,16	2,08	1,02
	t 50 % (minggu)	63,26	54,14	15,81	24,28	49,05

**Tabel 2.** Perbandingan konstanta laju penguraian, waktu penguraian 50% dan waktu penguraian 95% film plastik campuran PS dengan P(3HB-ko-3HV) pada berbagai media air sungai

No.	Parameter Pengujian	Larutan Uji
		Air sungai
1	PS murni	
	k (%/minggu)	-
	t 50 % (minggu)	-
2	PS dan P(3HB-ko-3HV) 95:5	
	k (%/minggu)	0,60
	t 50 % (minggu)	82,63
3	PS dan P(3HB-ko-3HV) 90:10	
	k (%/minggu)	0,69
	t 50 % (minggu)	72,16
4	PS dan P(3HB-ko-3HV) 85:15	
	k (%/minggu)	0,74
	t 50 % (minggu)	66,79



lentur. Dengan demikian bila akan diaplikasikan, sebaiknya filem plastik ini sebagai wadah kemasan, berupa gelas, botol, ember atau nampan plastik yang secara fisik memerlukan filem yang kuat dan kokoh.

Uji penguraian filem plastik campuran PS dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dilakukan secara in-vitro dan in-vivo, untuk melihat sejauh mana pengaruh penambahan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) terhadap kecepatan penguraian filem plastik. Pada percobaan ini, uji penguraian dilakukan pada media yang berbeda, yaitu: air suling, air sungai, larutan pH 4, pH 6, pH 8, dan pH 10. Media ini dipilih untuk melihat pengaruh pH larutan yang berbeda-beda terhadap kecepatan penguraian dari filem plastik campuran PS dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV). Dari pengujian ini dapat ditentukan konstanta laju penguraian, waktu penguraian 50% (t 50%) dan waktu penguraian 95% (t 95%) dari masing-masing filem plastik campuran PS dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) yang diujikan dalam media yang berbeda. Profil laju penguraian filem plastik dalam media air suling, air sungai, larutan pH 4, pH 6, pH 8, dan pH 10 dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa berdasarkan waktu penguraian 50 % (t 50 %) dan waktu penguraian mendekati penguraian total (t 95 %) dari sampel dengan perbandingan yang sama dalam media pengujian yang berbeda akan memberikan nilai yang berbeda pula. Pada setiap perbandingan dari filem plastik campuran PS dan P(3HB) dalam media uji larutan pH 6 lebih cepat mencapai waktu penguraiannya dibandingkan media pengujian lainnya. Sementara itu, pada perbandingan PS dan P(3HB) yang digunakan, menunjukkan bahwa pada perbandingan 80:20 akan lebih cepat mencapai waktu penguraian 50% (t 50%) dibandingkan dengan perbandingan lainnya, dimana perbandingan 80:20 < 85:15 < 90:10 < 95:5. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan 80:20 mengandung komponen biopolimer P(3HB) yang paling banyak dari filem plastik lain. Sebaliknya pada polistiren murni tidak terjadi penguraian.

Data lengkap perbandingan konstanta laju penguraian (k), waktu penguraian 50 % (t 50%) dan waktu penguraian 95 % (t 95 %) pada berbagai media pengujian ditunjukkan pada tabel 1 dan Tabel 2.

Waktu penguraian filem plastik campuran PS dan P(3HB-ko-3HV) dalam air sungai terjadi paling cepat pada perbandingan 85:15 yaitu dengan laju penguraian 0,74 %/minggu, waktu penguraian 50 % (t 50 %) adalah 66,79 minggu dan waktu penguraian 95 % (t 95 %) adalah 127,32 minggu, sedangkan polistiren murni tidak terjadi penguraian.

Pada perbandingan biopolimer yang lebih besar (80:20 dan 85:15) dalam campuran filem plastik di dalam berbagai media uji akan mengalami penguraian t 50% dan t 95% yang lebih cepat dibandingkan dengan perbandingan lainnya. Hal ini disebabkan karena mengandung komponen biopolimer P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) yang paling banyak dibandingkan dengan perbandingan lain. P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) merupakan biopolimer yang mengalami penguraian seratus persen apabila dibuang ke lingkungan (10), sehingga dengan adanya komponen tersebut dalam filem plastik yang diuji akan menyebabkan penguraian yang lebih cepat, dibandingkan dengan polistiren murni.

Kecepatan penguraian filem plastik juga dapat diketahui dari pengujian angka lempeng total, sehingga dapat diketahui jumlah koloni bakteri yang terdapat di dalam media uji air sungai. Diketahui bahwa semakin banyak populasi bakteri di dalam media uji, maka akan semakin cepat penguraian terjadi. Pada penelitian ini jumlah populasi mikroba dalam air sungai sebanyak  $1,29 \times 10^4$  koloni/g. Data kerapatan populasi bakteri ini mempunyai korelasi positif dengan terjadinya pengurangan berat dari sampel filem plastik yang diuji (8,11).

Secara keseluruhan, penelitian ini dapat memberikan data tambahan untuk penggunaan filem plastik campuran plastik sintetik dan biopolimer untuk dapat dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai meterial kemasan ramah lingkungan.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini ditunjukkan bahwa jumlah komponen P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) berpengaruh terhadap kecepatan penguraian film plastik campuran plastik sintetik dan biopolimer. Bertambah besar perbandingan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dalam film plastik, maka penguraiannya semakin cepat. Perbandingan antara polistiren dan P(3HB) yang paling cepat meng-

alami penguraian adalah perbandingan 80:20, sedangkan perbandingan antara polistiren dan P(3HB-ko-3HV) yang paling cepat mengalami penguraian adalah perbandingan 85:15. Penguraian film plastik campuran PS dengan P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dalam media uji larutan pH 6 mengalami penguraian lebih cepat dibandingkan dengan media uji lainnya yaitu larutan air suling, air sungai, larutan pH 4, pH 8 dan pH 10.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Darni Y, Chici A, Ismiyati SD. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II: Sintesa bioplastik dari pati pisang dan gelatin dengan plasticizer gliserol. Lampung: Universitas Lampung; 2008.
2. Djamaan A. Konsep Produksi Biopolimer P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) secara Fermentasi. Padang: Andalas University Press; 2011.
3. Majid MIA, Hori K, Aklyama M, Doi Y. Production of Poly(3-Hydroxybutyrate) from Plant Oil by *Alcaligenes* sp. *Biodegradable Plastics and Polymers*. Elsevier Science B. V Amsterdam; 1994: 417-424.
4. BPOMRI. Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam). *Info POM*, 9, 5: ISSN; 2008: 1829-9334.
5. Djamaan A. Penghasilan dan Pencirian P(3HB) dan P(3HB-ko-3HV) dari berbagai sumber karbon oleh *Erwinia* sp USMI-20. [Tesis S-3]. Penang: Universiti Sains Malaysia; 2004.
6. Depkes RI. Farmakope Indonesia. (Edisi IV). Jakarta: Depkes RI; 1995.
7. Swift G. Expectation for biodegradation testing methods. *Biodegradable Plastics and Polymers* (Eds. Doi Y and Fukuda K.). Elsevier Journal of Science. B. V. Amsterdam; 1994: 228-249.
8. Sawada H. *Biodegradable Plastic and Polymer: Field Testing of Biodegradable Plastics*; 1994: 298-312.
9. Djamaan A, Azizan MN, Majid MIA. Biodegradation of Microbial Polyesters P(3HB) and P(3HB-co-3HV) under The Tropical Climate Environment. *Int. J. Polym. Degrad. Stab* 2003; 80: 513-518.
10. Madjid MIA, Djamaan A, Few LL, Agustien A, Toh MS, Samian MR, Najimudin N, Azizan MN. Production of Poly(3-hydroxybutyrate) and its Copolymer Poly(3-Hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by *Erwinia* sp. USMI-20. *Int. J. Macromol* 1999; 25: 1-10.
11. Wool RP. Perspectives on Standard Test Methods for Biodegradable Plastic. *Biodegradable Plastics and Polymers* (Eds. Doi. Y and Fukuda. K.). Elsevier Journal of Science. B.V. Amsterdam; 1994.