



Film yang tercetak dilepaskan dari teflon, dan siap untuk di uji degradasi.

Tabel 1 Komposisi poliblen PLA dengan PCL

Komposisi	PCL (%)	PGA (%)
K1	50	50
K2	65	35
K3	80	20
K4	95	5

Uji Degradasi (Kiremitci dan Deniz 1998)

Masing-masing film poliblen untuk tiap komposisi yang berbeda dipotong-potong dengan ukuran 1x1 cm sebanyak 33 buah, kemudian ditimbang bobotnya. Film-film yang telah dipotong-potong tersebut dimasukkan dalam erlenmeyer 100 ml yang berisi 25 ml larutan bufer fosfat salin pH 7.4 dan diberi label sesuai komposisi PCL dan PGA. Sampel selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama dua bulan. Setiap satu minggu film-film tersebut diukur viskositas instrinsiknya sampai minggu kedelapan. Setiap tiga hari sekali buffer fosfat salin pH 7.4 diganti dengan yang baru. Minggu pertama dan minggu kedelapan masing-masing film poliblen tiap komposisi difoto permukaannya dengan mikroskop fotostereo.

Pengamatan Bentuk dan Morfologi Menggunakan mikroskop fotostereo

Beberapa miligram film poliblen PCL dengan PGA dikeringkan hingga bebas air. Sampel selanjutnya diletakkan pada tempat objek sampel. Film poliblen masing-masing komposisi kemudian di foto permukaannya setelah mikroskop fotostereo diatur cahaya, fokus, dan perbesaran.

Pengukuran viskositas instrinsik (Lukmana 2007)

Poliblen PCL dengan PGA dibuat larutan dengan lima konsentrasi yaitu 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, dan 0.5 g/dl. Untuk pelarut film poliblen digunakan aseton teknis. Setiap konsentrasi poliblen PCL dengan PGA diukur viskositasnya dengan viskometer oswald pada temperatur ruang (temperatur konstan) dengan cara menghitung waktu alir pelarut tanpa sampel dan waktu alir larutan poliblen PGA

dengan PCL dengan berbagai konsentrasi. Setelah itu, viskositas relatif (η_r) ditentukan dengan cara membandingkan waktu alir pelarut dengan waktu alir larutan polimer (t_0/t). Nilai viskositas spesifik ditentukan dengan cara mengurangi nilai viskositas relatif tiap konsentrasi dengan angka satu. Nilai viskositas reduktif ditentukan dengan cara membagi viskositas spesifik dengan tiap konsentrasi larutan poliblen. Viskositas intrinsik $[\eta]$ dicari dengan cara memplotkan η reduktif/[Poliblen PCL dengan PGA] sebagai sumbu y dan konsentrasi sebagai sumbu x.

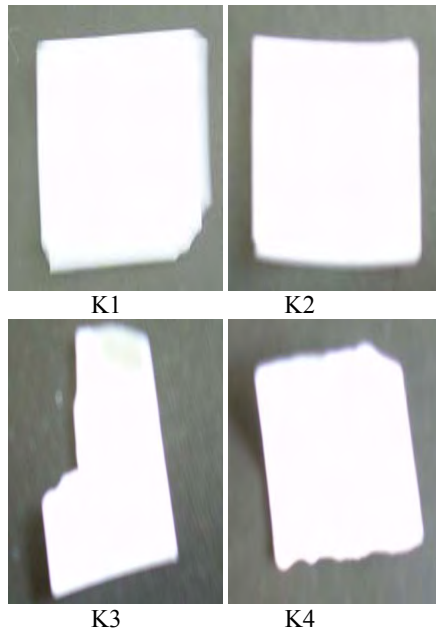
HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Permukaan Film Poliblen PCL dengan PGA

Pembuatan film dari poliblen antara PCL dengan PGA menggunakan pelarut aseton teknis dilakukan dengan empat komposisi yang berbeda. Film poliblen PCL dengan PGA yang telah dihasilkan dapat dilihat sifat kompatibilitasnya dengan dua cara. Cara pertama menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). film dari suatu poliblen antara PCL dengan PGA dikatakan bersifat kompatibilitas apabila setelah dianalisis menggunakan alat DSC film tersebut hanya menghasilkan satu titik suhu transisi kaca (T_g) (Steven 2001). Cara kedua melalui pengamatan secara visual misalnya dari kehomogenan film poliblen antara PCL dengan PGA yang dihasilkan. Jika film poliblen antara PCL dengan PGA yang dihasilkan memiliki warna yang homogen berarti antara komponen-komponen penyusunnya dalam hal ini adalah PCL dengan PGA, telah bercampur merata sehingga tidak terdapat perbedaan antara komponen yang satu dengan komponen yang lainnya (Adianti 2007). Film-film yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3. K1, K2, K3, dan K4 adalah poliblen komposisi 1, 2, 3, dan 4.

Penelitian ini menggunakan pengamatan secara visual untuk mengetahui sifat kompatibilitas dari film poliblen antara PCL dengan PGA yang dihasilkan dari empat komposisi berbeda. Dari pengamatan secara visual, film poliblen antara PCL dengan PGA pada empat komposisi yang berbeda bersifat kompatibel. Film poliblen antara PCL dengan PGA yang dihasilkan dari semua komposisi berwarna putih homogen. Alasan pemilihan komposisi poliblen pada penelitian ini adalah agar poliblen antara PCL dengan PGA mudah

dibuat ke dalam bentuk film. Film yang dihasilkan akan digunakan untuk pencirian degradasi poliblen. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Suprayogi (2007) film dari poliblen PCL dengan PGA akan sulit dibuat apabila komposisi PGA lebih tinggi dari komposisi PCL.



Gambar 3 Film poliblen PCL dengan PGA dengan empat komposisi yang berbeda

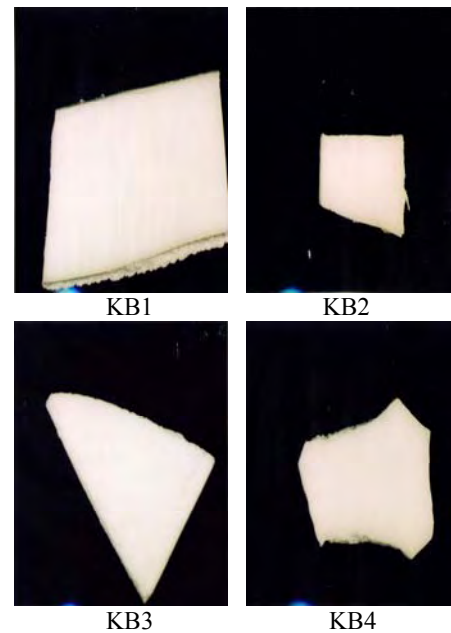
Perubahan Morfologi Permukaan Film Poliblen PCL dengan PGA

Pemutusan ikatan ester pada rantai poliblen PCL dan PGA menyebabkan perubahan nilai viskositas instrinsik poliblen PCL dan PGA yang dapat teramati menggunakan viskometer oswalt, dan juga berpengaruh pada bentuk morfologi permukaan film poliblen PCL dan PGA.

Proses degradasi permukaan film poliblen antara PCL dengan PGA merupakan proses degradasi yang terjadi secara erosi menyeluruh di seluruh permukaan film poliblen antara PCL dengan PGA. Menurut (Chu 1981a,b,c) proses degradasi ada dua tahap. Tahap pertama penyerapan air oleh permukaan film poliblen. Hal ini terjadi karena film poliblen berpori. Kemudian karena semakin banyak air yang diserap hingga ikatan ester pada PCL dan PGA menjadi lemah dan lama-kelamaan akan terputus. Tahap kedua adalah perusakan

struktur kristal dari PCL dan PGA sehingga strukturnya menjadi bersifat amorf.

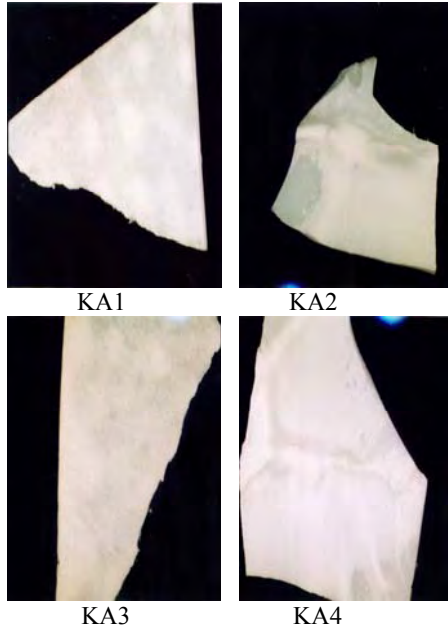
Proses degradasi film poliblen PCL dengan PGA dapat teramati melalui gambar yang diambil menggunakan alat mikroskop fotostereo dengan perbesaran 40 X. gambar ini menunjukkan terjadinya perubahan morfologi permukaan film poliblen setelah direndam dalam larutan buffer fosfat salin pH 7.4 selama 8 minggu dengan suhu 37°C. pH 7.4 adalah pH darah dan suhu 37°C adalah suhu tubuh manusia dalam kondisi sehat. Permukaan film poliblen antara PCL dengan PGA yang awalnya berwarna putih homogen menjadi tidak homogen lagi. Larutan buffer yang digunakan setiap tiga hari diganti dengan larutan buffer yang baru karena pH larutan buffer akan mengalami penurunan akibat adanya asam glikolat dan asam kaproat hasil hidrolisis poliblen PCL dengan PGA. Gambar permukaan film poliblen antara PCL dengan PGA sebelum direndam dengan larutan buffer fosfat salin pH 7.4 dapat dilihat pada gambar 6. KB1, KB2, KB3, dan KB4 adalah komposisi 1, 2, 3, dan 4 sebelum terdegradasi.



Gambar 4 Permukaan film poliblen PCL dengan PGA sebelum degradasi

Proses degradasi poliester secara kimia dalam lingkungan berair terjadi melalui pemutusan ikatan pada sambungan ester dari tulang punggung polimer. Proses ini diawali oleh serangan nukleofilik molekul H₂O pada atom C gugus karbonil poliester. Serangan air pada rantai poliester menyebabkan

terputusnya ikatan ester menghasilkan oligomer-oligomer poliester dengan bobot molekul yang lebih rendah daripada molekul poliester awal. Hidrolisis lebih lanjut akan menghasilkan molekul asam karboksilat dan residu alkohol. Gambar 5 menunjukkan permukaan film poliblend setelah mengalami degradasi selama 2 bulan. KA1, KA2, KA3, dan KA4 adalah komposisi 1, 2, 3, dan 4 setelah terdegradasi.



Gambar 5 Permukaan film poliblend PCL dengan PGA sesudah degradasi

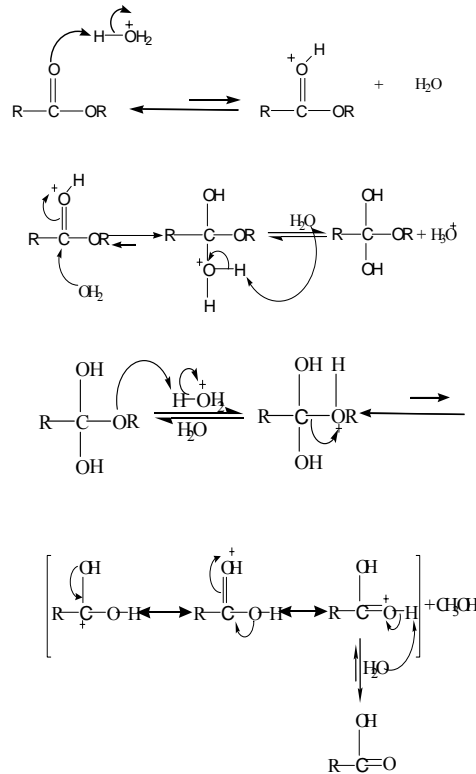
Penurunan Viskositas Instrinsik dan Bobot Film Poliblend PCL dengan PGA

Degradasi merupakan peristiwa terurainya senyawa menjadi senyawa-senyawa lain yang lebih sederhana yang terjadi karena sebab-sebab alami (Latief 2001, Wikipedia 2003), seperti proses fotodegradasi (degradasi yang melibatkan cahaya dan kalor), degradasi kimiawi (hidrolisis), degradasi oleh bakteri dan jamur, degradasi enzimatik, dan degradasi mekanik (angin, abrasi), atau gabungan dari beberapa sebab.

Kemampuan poliester untuk terdegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya bobot molekul, derajat dispersitas, dan kristalinitas strukturnya. Semakin tinggi bobot molekul poliester dan semakin tinggi dispersitasnya semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi molekul poliester (Budiman 2003, Jain 2000). Kristalinitas polimer juga mempengaruhi laju

degradasi. Struktur polimer kristalin akan lebih sulit terserang molekul air dibandingkan dengan yang berbentuk amorf yang mempunyai struktur tidak teratur sehingga lebih mudah terhidrolisis.

PCL dan PGA merupakan polimer jenis poliester. Degradasi poliester dapat terjadi baik melalui reaksi enzimatik maupun melalui reaksi hidolisis, ataupun gabungan keduanya. Namun, banyak pustaka mengindikasikan bahwa proses degradasi molekul poliester terjadi tanpa melalui reaksi enzimatik dan murni melalui jalur hidrolisis (Jain 2000).



Gambar 6 Mekanisme hidrolisis gugus ester poliblend PCL dengan PGA.

Bukti terkuat dari proses degradasi film poliblen PCL dengan PGA adalah adanya penurunan nilai viskositas instrinsik selama masa degradasi (data selengkapnya disajikan dalam lampiran 3). Perubahan nilai viskositas instrinsik diukur menggunakan viskometer oswald. Gambar 7 menunjukkan penurunan viskositas instrinsik dari empat komposisi poliblen. Semakin kecil nilai viskositas instrinsik poliblen, maka larutan poliblen semakin encer. Hal ini disebabkan putusnya ikatan ester oleh hidrolisis air yang menyebabkan hilangnya monomer-monomer

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

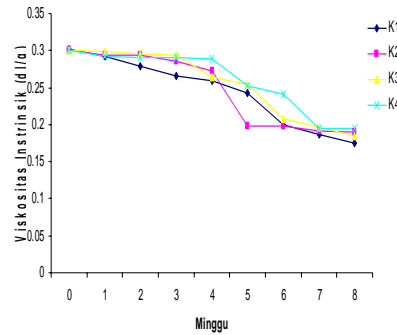
asam kaproat dan asam glikolat dari poliblen PCL dengan PGA.

Dari data nilai viskositas instrinsik pada minggu ke-0 dari empat komposisi film poliblen PCL dengan PGA, komposisi 50%:50% merupakan poliblen PCL dengan PGA dengan bobot molekul yang paling tinggi. Kemudian komposisi 85%:15% dan 95%:5% yang memiliki bobot mlekul yang sama, komposisi 65%:35% merupakan poliblen dengan bobot molekul paling rendah. Berdasarkan persamaan Mark-Houwink-Sakurada nilai viskositas instrinsik berbanding lurus dengan bobot molekul dari polimer.

Degradasi poliblend PCL dengan PGA tahap pertama menghasilkan oligomer-oligomer dari PCL dan PGA. Setelah oligomer-oligomer PCL dan PGA terbentuk, oligomer-oligomer tersebut terhidrolisis oleh air menjadi monomer-monomer asam kaproat dan asam glikolat. Masing-masing komposisi film poliblend PCL dengan PGA mengalami penurunan nilai viskositas instrinsik terbesar pada minggu ke-6 untuk komposisi 1, minggu ke-5 untuk komposisi 2, minggu ke-6 untuk komposisi 3, dan minggu ke-7 untuk komposisi 4. selain itu terlihat pula bahwa komposisi 1 memiliki penurunan nilai viskositas instrinsik terbesar selama masa degradasi, yaitu sebesar 57.52%, diikuti komposisi 3, 2, dan 4 masing-masing sebesar 37.11%, 38.61%, dan 35.31%.

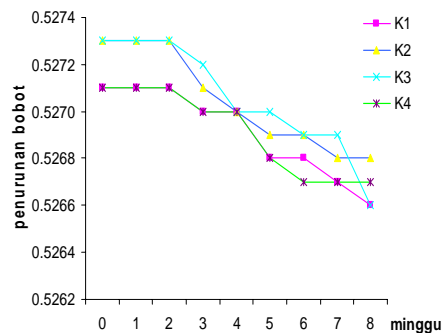
Semakin banyak PCL dalam komposisi suatu poliblen maka poliblen PCL dengan PGA akan sangat lama terdegradasi. Hal ini terjadi karena bobot molekul dari monomer PCL yaitu asam kaproat lebih besar dari bobot molekul monomer PGA yaitu asam glikolat. Semakin tinggi bobot molekul suatu poliester semakin lama waaktu yang dibutuhkan untuk terdegradasi (Budiman 2003, Jain 200). Selain itu struktur PCL terdiri dari monomer dengan lima gugus metil sehingga lebih bersifat nonpolar bila dibandingkan dengan struktur PGA yang hanya terdiri dari monomer dengan satu gugus metil. Air merupakan molekul polar sehingga akan banyak terserap pada komposisi poliblen yang banyak mengandung PGA karena monomer PGA cenderung bersifat polar. Dari hasil penelitian diperoleh data penurunan viskositas instrinsik yang tidak sesuai teori, yaitu poliblen komposisi 3 lebih cepat terdegradasi dibandingkan poliblen komposisi 2. Hal ini dikarenakan pengukuran viskositas instrinsik menggunakan alat viskosimeter oswald. Pengukuran menggunakan alat ini hasilnya kurang teliti karena kerja alat ini sangat

dipengaruhi oleh suhu, faktor ketepatan mata, dan ketepatan menggunakan alat *stopwatch*.



Gambar 7 Perubahan viskositas intrinsik film poliblen tiap komposisi PCL dengan PGA terhadap waktu

Dari kurva penurunan bobot film poliblen pada minggu ke-0 sampai minggu ke-2 semua komposisi poliblen tidak mengalami penurunan bobot. Semua komposisi poliblen baru mengalami penurunan bobot pada minggu ke-3. Hal ini dikarenakan film poliblen yang ditimbang diduga masih mengandung air yang berasal dari larutan buffer yang digunakan untuk medium degradasi semua komposisi film poliblen. Selama masa degradasi komposisi 85%:15% merupakan komposisi yang mengalami penurunan bobot paling tinggi yaitu sebesar 0.13%. komposisi 50%:50% dan 65%:35% mengalami penurunan bobot yang sama yaitu sebesar 0.09%. komposisi 95%:5% adalah komposisi yang mengalami penurunan bobot paling rendah yaitu sebesar 0.07%. Data pengukuran bobot masing-masing komposisi poliblen tiap minggu selama dua bulan disajikan dalam lampiran 4.



Gambar 8 Perubahan bobot film poliblen tiap komposisi PCL dengan PGA terhadap waktu