



BIODEGRADABLE PLASTICS FROM A MIXTURE OF LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) AND CASSAVA STARCH WITH THE ADDITION OF ACRYLIC ACID

Susilawati, Irfan Mustafa, Desy Maulina

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala
Darussalam, Banda Aceh

Abstract, A research of preparation biodegradable plastics, from LDPE and cassava starch mixture with the addition of acrylic acid, had been conducted. This research purpose to studied compatibility properties of the material and percent weight loss during the biodegradation test. Optimum weight loss (59,26%) was showed after 60 days witches LDPE and starch composition ratio 6 : 4 (w/w) while tensile strength equal to 0,38 Kgf/mm². SEM characterization showed that biodegradation has occurred by formation of hole in the biodegradable plastic surface. DTA test gave T_g = 130 °C, T_m = 230 °C and T_d = 370-450 °C while FT-IR analysis showed that the biodegradable plastics have a chemistry interaction.

Keyword: Poliblend, LDPE, cassava starch, biodegradation.

I. PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan polimer kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Hampir setiap produk menggunakan plastik baik sebagai kemasan atau bahan dasar karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan, kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Polietilena (PE) adalah salah satu jenis plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari seperti kantong plastik yang terbuat dari jenis *low density polyethylene* (LDPE) [1].

LDPE merupakan salah satu jenis plastik sintetik yang bersifat *non-biodegradable* atau tidak dapat *terdegradasi* oleh mikroorganisme, sehingga menyebabkan masalah lingkungan [2]. Limbah plastik biasanya ditangani dengan penimbunan dan pembakaran. Akibatnya plastik yang tertimbun dalam tanah akan mempengaruhi kualitas air tanah serta dapat memusnahkan kandungan humus yang menyebabkan tanah menjadi tidak subur. Plastik yang dibakar akan menghasilkan gas CO₂ yang dapat meningkatkan pemanasan global [3].

Untuk mengatasi masalah ini, sekarang banyak dilakukan pembuatan plastik biodegradabel yaitu dengan pencampuran polimer sintesis dan polimer alam. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan plastik biodegradable dengan cara pencampuran LDPE dan pati ubi kayu untuk membuat LDPE menjadi mudah *terdegradasi* di lingkungan [3].

Pencampuran antara LDPE dengan pati ubi kayu dan gliserol sebagai *plastisizer* menghasilkan poliblen yang tidak kompatibel dengan sifat mekanik yang kurang sempurna, karena LDPE bersifat non polar dan pati ubi kayu bersifat polar[4]. Perbedaan kepolaran ini dapat diatasi dengan menambahkan asam akrilat sebagai jembatan penghubung. Asam akrilat merupakan suatu asam yang mempunyai gugus polar dan non polar, dimana dengan adanya asam akrilat diharapkan dapat meningkatkan interaksi antara LDPE dan pati ubi kayu sehingga menghasilkan poliblen yang kompatibel dengan sifat mekanik yang baik dan mudah terdegradasi. Siswanto (2007) melaporkan bahwa penambahan maleic anhydride (MA) pada campuran *polyethylene* dan pati menghasilkan poliblen yang kompatibel.

Berdasarkan hal di atas maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan plastik *biodegradable* dari campuran LDPE dan pati ubi kayu dengan penambahan asam akrilat.

II. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kantong plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE), pati ubi kayu, *xylene* teknis, asam akrilat, benzoil peroksida (BPO), gliserol, aquades, alkohol 70% dan tanah kompos yang diperoleh dari PT. Jaya Tani, seperangkat alat refluks leher tiga, magnetik stirer,

termometer, peralatan gelas, ayakan 100 mesh, oven, timbangan digital, alat cetak tekan (hot press), mortal porselen, polibled, alat uji tarik, *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR), *Differential Thermal Analysis* (DTA) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2.2. Isolasi pati ubi kayu

Umbi ubi kayu dikupas dan dicuci sampai bersih, dipotong kecil-kecil, ditambah air kemudian diblender sampai menjadi bubur kasar. Bubur tersebut ditambahkan air bersih untuk mengekstrak patinya, diaduk-aduk, setelah itu disaring, diperoleh filtrat dan residu. Residunya ditambahkan air lagi untuk meningkatkan rendemen pati, kemudian disaring lagi sampai air perasannya bening. Filtrat diendapkan sekitar 3 jam. Air yang bening dibuang dan endapan patinya diambil, setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C dengan tekanan 1 atm selama 24 jam hingga kering. Serbuk pati dihaluskan dengan mortal kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh.

2.3. Pembuatan poliblen

Ditimbang LDPE sebanyak 9 gram, dimasukkan ke dalam alat refluks, ditambahkan pelarut xilena sebanyak 100 mL, dipanaskan pada suhu 80 °C selama 1 jam sampai semua polietilena larut. Kemudian ditambahkan benzoil peroksida, setelah ±1 menit ditambahkan asam akrilat sebanyak 1,8 mL, dimasukkan pati sebanyak 1 gram dan ditambahkan 1 mL gliserol. Setelah campuran homogen, campuran tersebut dituangkan ke dalam cawan kaca, pelarutnya diuapkan di ruang asam selama 1 hari dan dioven pada suhu 60 °C selama 24 jam, sehingga didapat poliblen kering. Hal yang sama juga dilakukan terhadap semua sampel sesuai dengan tabel 1.

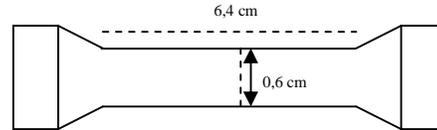
2.4. Pembuatan Film Plastik

Hasil dari masing-masing poliblen di atas dimasukkan kedalam cetakan dengan ketebalan 0,1 mm dan diletakkan di antara lempengan baja yang berukuran 15 x 15 cm yang terlebih dahulu dilapisi dengan aluminium foil. Lempengan diletakkan di antara pemanas mesin pencetak tekan yang dipanaskan pada suhu 140°C, dilakukan pengepresan selama ± 20 menit. Setelah itu cetakan diambil dan didinginkan dengan air es, perlakuan ini dilakukan untuk semua poliblen [6]. Hasil yang didapat dikarakterisasi dengan alat uji tarik dan dilakukan uji *biodegradasi*. Hasil uji tarik yang optimum dikarakterisasi dengan FT-IR dan DTA.

2.5. Karakterisasi

2.5.1. Uji Kekuatan Tarik

Film plastik dipotong sesuai dengan standar ASTM-D638 seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk spesimen uji kekuatan tarik

Kedua ujung dari spesimen ini dijepit pada alat uji mekanis, kemudian ditarik hingga putus, diamati kekuatan tarik (Kgf/mm²) dan persen elongasi (%).

2.5.2 Uji biodegradasi dalam tanah

Film plastik dipotong masing-masing berukuran 2 × 1,5 cm, ditimbang menggunakan neraca analitis, ditanam dalam tanah kompos dengan kedalaman 10 cm dan dibiarkan selama 60 hari dengan pengamatan setiap 15 hari. Spesimen uji diambil dan dibersihkan, dicuci dengan aquades kemudian direndam dengan alkohol 70% selama 5 menit. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 1 hari. Spesimen ditimbang kembali menggunakan neraca analitis. Perlakuan ini dilakukan untuk semua spesimen.

Persen kehilangan berat dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Persen kehilangan berat} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Dimana :

W₀ = Berat plastik sebelum uji *biodegradasi* (g)

W₁ = Berat plastik sesudah uji *biodegradasi* (g)

Hasil uji *biodegradasi* yang optimum selanjutnya dikarakterisasi dengan SEM.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pati Ubi Kayu

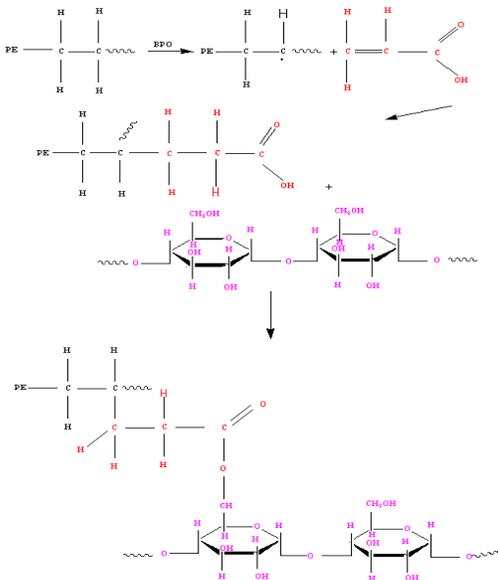
Pati ubi kayu diisolasi dari 1 Kg ubi kayu. Pati yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C untuk menghilangkan kadar air. Kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan serbuk pati yang halus dan diperoleh pati berwarna putih sebanyak 300 gram.

3.2 Poliblen

Proses pembuatan poliblen menggunakan metode *blending* yaitu proses pencampuran dua polimer atau lebih dalam fasa larutan . LDPE yang bersifat

non polar dilarutkan dalam *xylene* karena *xylene* merupakan pelarut organik yang bersifat non polar dengan titik didih sebesar 137-143 °C. LDPE yang telah larut ditambahkan BPO, asam akrilat, pati dan gliserol. Penambahan BPO bertujuan untuk menginisiasi rantai polimer sehingga membentuk radikal bebas. Asam akrilat berfungsi sebagai jembatan penghubung, karena memiliki gugus non polar dan polar. Penambahan asam akrilat ini diharapkan akan meningkatkan interaksi antara LDPE dan pati sehingga dapat menghasilkan poliblen yang kompatibel. Penambahan pati kedalam LDPE diharapkan akan memicu terjadinya proses biodegradasi, karena pati merupakan polimer alam yang mudah dicerna oleh mikroba.

Penambahan *plastisizer* berguna untuk menurunkan sifat kaku dari pati. *Plastisizer* adalah cairan yang mempunyai titik didih tinggi, sehingga ketika dicampurkan dengan suatu polimer memberikan suatu sifat yang lembut dan fleksibel. Menurut Bader dan Goritz (1997), penambahan *plastisizer* pada material berbasis pati dapat menurunkan kerapuhan oleh kekuatan intramolekular yang tinggi, mencegah keretakan material selama penanganan dan penyimpanan. *Plastisizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah gliserol karena gliserol mengandung gugus -OH yang diharapkan mampu tersubstitusi ke dalam pati atau sekurang-kurangnya dapat membentuk interaksi ikatan hidrogen. Sehingga perubahan struktur ini akan dapat memperbaiki sifat poliblen yang dihasilkan[8]. Adapun kemungkinan reaksi yang terbentuk antara LDPE dan pati dengan penambahan asam akrilat adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Reaksi antara LDPE dan Pati dengan penambahan asam akrilat

1.3 Pembuatan Specimen (Film Plastik)

Film plastik dibuat dengan metode *compression molding* dengan alat *hotpress*. Film plastik yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi pati maka film yang dihasilkan kurang kompatibel, hal ini disebabkan penyebaran pati kedalam fase plastik kurang merata. Distribusi pati yang paling merata terjadi pada perbandingan LDPE dan pati 9:1 (w/w), kemungkinan karena jumlah pati yang dimasukkan masih sedikit.

3.4 Uji Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik bahan polimer (film plastik) dilakukan untuk mendapatkan data pencampuran suatu bahan polimer. Spesimen plastik dikarakterisasi menggunakan mesin *instron* dengan standar ASTM-D638. Informasi yang diperoleh dari kurva tegangan-regangan (*stress-strain*) tersebut adalah kekuatan tarik spesimen (*tensile strength*) dan kemuluran (*elongation*). Hasil kekuatan tarik dengan beberapa variabel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran uji kekuatan tarik dan kemuluran dari poliblen LDPE dan pati

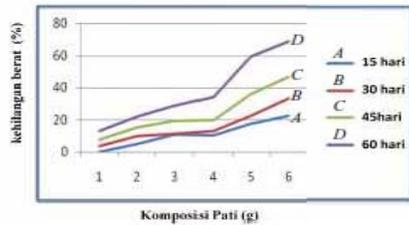
No	Komposisi		σ (kekuatan tarik) kgf/mm	ϵ (kemuluran) (%)
	LDPE	Pati		
1	10 g	-	1,13	27,20
2	9 g	1 g	0,71	17,57
3	8 g	2 g	0,64	10,51
4	7 g	3 g	0,46	6,06
5	6 g	4 g	0,38	9,28
6	5 g	5 g	0,36	6,60

Berdasarkan tabel 1 kekuatan tarik optimum didapat pada perbandingan komposisi LDPE dan pati ubi kayu 9 : 1 (w/w) yaitu 0,71 Kg/mm². Pada perbandingan ini film yang dihasilkan paling kompatibel karena penyebaran pati ke dalam fase plastik paling merata. Semakin banyak pati yang ditambahkan maka kekuatan tarik semakin menurun karena pati bersifat kaku (rapuh). Menurut Pranamuda (2001) sifat mekanik dari plastik yang dihasilkan tergantung dari keadaan penyebaran pati dalam fase plastik, bila pati tersebar merata dalam fase plastik, maka produk plastik yang didapat mempunyai sifat mekanik yang baik.

3.5 Uji Biodegradasi Dalam Tanah

Uji *biodegradasi* untuk plastik *biodegradable* dilakukan dengan cara menguburkan spesimen film di dalam tanah kompos selama 60 hari.

Setiap 15 hari sampel diambil, dibersihkan menggunakan aquades untuk menghilangkan tanah yang menempel pada spesimen sampel dan direndam dengan alkohol selama 5 menit untuk menghilangkan bakteri. Hasil uji biodegradasi dikarakterisasi berdasarkan persen kehilangan berat dan uji SEM. Persen kehilangan berat dari plastik *biodegradable* dapat dilihat pada Gambar 3.

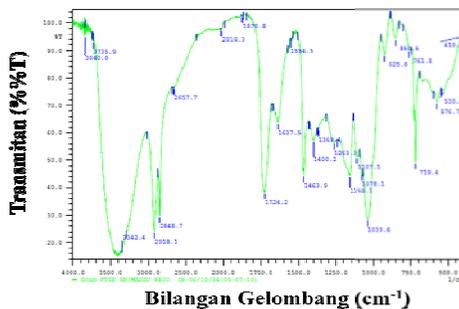


Gambar 3. Grafik persen kehilangan berat terhadap penambahan pati pada uji biodegradasi

Pada Gambar 3 terlihat bahwa semakin banyak konsentrasi pati dan semakin lama waktu penguburan maka persen kehilangan berat yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin lama waktu penguburan maka semakin banyak pati yang didegradasi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam tanah kompos. Hasil persen kehilangan berat optimum diperoleh pada komposisi LDPE dan pati 6 : 4 (w/w) yaitu 59,26%.

3.6 Uji FT-IR (Fourier Transform Infra Red)

Karakterisasi FT-IR bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dalam bahan / matriks. Dari hasil analisa gugus fungsi menggunakan teknik FT-IR didapatkan spektrum seperti pada Gambar 4.



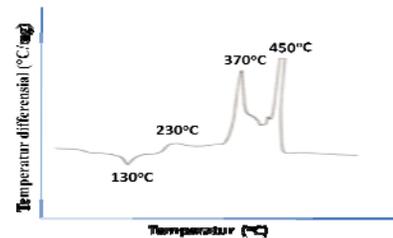
Gambar 4. Spektrum FT-IR poliblen LDPE ditambah pati ubi kayu

Gambar 4 menunjukkan serapan gugus OH pada bilangan gelombang 3342,4; CH pada bilangan gelombang 2657,7; C=O karbonil pada bilangan gelombang 1724,2; C=C pada bilangan gelombang 1637,5 dan C-O pada bilangan gelombang 1159,1.

Dari analisa FT-IR untuk pati menunjukkan adanya gugus OH dan C-O pada bilangan gelombang 3200-3600 dan 1157,29, sedangkan untuk LDPE memperlihatkan gugus fungsi C-H pada bilangan gelombang 2850-2920 dan adanya tekuk asimetris CH₂ pada bilangan gelombang 1460-1471. Dari hasil analisa FT-IR menunjukkan bahwa plastik yang dihasilkan merupakan proses *blending* secara fisika karena tidak ditemukannya gugus fungsi baru, dan disini hanya terjadi interaksi kimia karena hanya terjadi pergeseran bilangan gelombang. Dengan adanya gugus hidroksida (OH), gugus karbonil (CO) dan ester (COO) maka plastik tersebut dapat terdegradasi [10].

3.7 Uji DTA (Differential Thermal Analysis)

Analysis thermal differensial merupakan salah satu cara untuk menentukan perubahan termal dari suatu bahan sebagai fungsi temperatur. Termogram yang dihasilkan dapat memberikan informasi tentang temperatur transisi gelas (Tg), temperatur leleh (Tm) dan temperatur dekomposisi (Td).

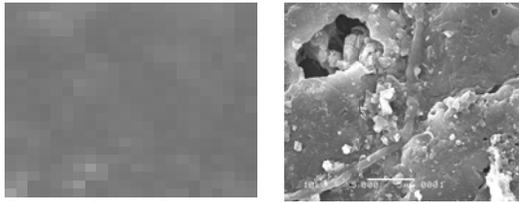


Gambar 5. Termogram DTA LDPE ditambah Pati Ubi Kayu

Gambar 5 merupakan termogram DTA plastik *biodegradable*, gambar tersebut menunjukkan nilai transisi gelas (Tg) pada suhu 130 °C, titik leleh (Tm) pada suhu 230 °C dan terdekomposisi (Td) pada suhu 370-450 °C. Termogram ini memperlihatkan tingkat kompatibilitas yang baik, yang dapat dilihat dari terdapatnya satu puncak transisi gelas pada suhu 130 °C, yang mewakili suhu poliblen LDPE dan pati yang sudah kompatibel.

3.8 Uji SEM (scanning electron microscopy)

Pengamatan dengan menggunakan alat *scanning electron microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi dari pencampuran LDPE dengan pati ubi kayu sebelum dan sesudah biodegradasi. Morfologi plastik *biodegradable* sebelum dan sesudah biodegradasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Morfologi plastik *biodegradable* sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) biodegradasi

Pada Gambar 6 terlihat perbedaan sampel antara sebelum dan sesudah biodegradasi. Sebelum proses biodegradasi permukaan sampel tidak ada lubang, tetapi setelah proses biodegradasi terdapat lubang pada sampel, hal ini menandakan bahwa proses biodegradasi sudah terjadi. Degradasi pati akan meninggalkan ruang kosong dalam plastik sehingga akan memperluas permukaan kontak antara plastik dan mikroorganisme. Jika molekul telah pendek maka mikroorganisme akan dapat mencerna plastik sebagai sumber karbon [11].

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Semakin besar konsentrasi pati yang ditambahkan maka kekuatan tarik dan kemuluran semakin menurun. Prosentase kehilangan berat optimum sebesar 59,26% pada uji biodegradasi dalam tanah kompos selama 60 hari pada perbandingan komposisi LDPE dan pati ubi kayu 6 : 4 (w/w) dengan nilai kekuatan tarik 0,38 Kgf/mm². Kekuatan tarik optimum didapat pada perbandingan komposisi LDPE dan pati ubi kayu 9 : 1 (w/w) yaitu 0,71 Kgf/mm². Hasil karakterisasi FT-IR menunjukkan bahwa plastik yang dihasilkan merupakan proses *blending* secara fisika dan hanya terjadi interaksi kimia. Hasil karakterisasi DTA menunjukkan nilai Tg = 130 °C, nilai Tm = 230 °C dan nilai Td = 370-450 °C. Hasil uji SEM menunjukkan terbentuknya lubang-lubang pada plastik menandakan telah terjadi proses biodegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. T. Peacock and S. Saito, 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.

2. Y. Darni, A. Chici dan I.D. Sri, 2008, *Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang dan Gelatin Dengan Plasticizer Gliserol*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
3. M. Dhany, dan Kuswadi, 2001, *Potensi Plastik Biodegradabel*, Suplemen Suara Rakyat.
4. I. Iaili, 2010, *Pembuatan Plastik Ramah Lingkungan Dari Campuran Pati Ubi Kayu dan Polietilena*, Jurusan Kimia UNSYIAH, Banda Aceh.
5. Siswanto, 2007, *Pembuatan Plastik Polipropilena Pati tapioca dengan Pemberian Maleic Anhidrat pada saat blending*, Erlangga, Surabaya.
6. B. Wirjosentono, A.N. Sitompul, Sumarno, T.A. Siregar dan S. B. Lubis, 1996, *Analisis dan Karakterisasi Polimer*, USU Press Medan.
7. H.G. Bader, dan D. Gorizt, 1997, *Investigation On High Amylase Corn Starch Films Mechanical and Optical Properties Of Plasticized Yam Starch*. Martino, M.N dan Zaritzky, N.E.
8. A. Kumar, and Gubta, K. Rakesh, 1998, *Fundamental of polymers*, The McGraw Hill Companies. Inc.
9. H. Pranamuda, 2001, *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradable Berbahan Baku Pati Tropis*, <http://shantybio.transdigit.com>.
10. W. Mariana, 2007, *Kombinasi Penggunaan EM4 dan Radiasi UV Terhadap Tingkat Degradabilitas Plastik Biodegradabel*, Jurusan Fisika UNAIR, Surabaya.
11. J. Nasiri, 2009, *Plastik Ramah Lingkungan*, <http://www.Sentrapolimer.com>.