

## PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK LIMBAH BIJI MANGGA DENGAN PENAMBAHAN SELULOSA DAN GLISEROL

Arum Septiosari\*), Latifah dan Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juni 2014  
Disetujui Juli 2014  
Dipublikasikan Agustus 2014

Kata kunci:  
gliserol  
limbah biji mangga  
plastik *biodegradable*  
selulosa

### Abstrak

Meningkatnya penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari mengakibatkan pencemaran lingkungan. Plastik sintetis sulit terdegradasi di alam sehingga diperlukan bahan utama pembuatan plastik ramah lingkungan yaitu pati. Pati diperoleh dari biji mangga dibuat plastik *biodegradable* ditambahkan selulosa alami dan gliserol untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik plastik. Bioplastik dibuat dari pati-aquadest 1:20 ditambahkan gliserol 15, 20, 25, 30 dan 35%. Kemudian bioplastik ditambahkan selulosa pada komposisi pati:selulosa 8:2 dan gliserol 15, 20, 25, 30 dan 35%. Sampel dilakukan uji kuat tarik sehingga diperoleh hasil optimal pada komposisi pati:selulosa 8:2 dengan penambahan gliserol 15%. Kemudian dilakukan variasi komposisi pati:selulosa 6:4, 7:3 dan 9:1 ditambah gliserol 15%. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan plastik *biodegradable* berupa lembaran berwarna kecoklatan. Bioplastik pati-selulosa (8:2) pada penambahan gliserol 15% menghasilkan plastik terbaik nilai kuat tarik sebesar 6,2551 MPa, elongasi 13,43%, hidrofobisitas 81,76% dan perkiraan waktu terdegradasi 26 hari 1 jam. Lalu dilakukan pengujian gugus fungsi menggunakan FT-IR pada sampel.

### Abstract

The increasing use of plastics in everyday life lead to environmental pollution. Tough synthetic degradable plastic in nature so that the necessary primary material that is environmentally friendly plastics manufacturing starch. Starch obtained from mango seed a biodegradable plastic made of natural cellulose and glycerol was added to improve the physical and mechanical properties of plastics. Bioplastics are made from starch-aquadest 1:20 added glycerol 15, 20, 25, 30 and 35%. Then bioplastics added cellulose to starch: cellulose composition 8:2 and glycerol 15, 20, 25, 30 and 35%. Tensile test samples in order to obtain optimal results on the composition of starch: cellulose 8:2 with the addition of 15% glycerol. It was the variations of starch composition: cellulose 6:4, 7:3 and 9:1 plus 15% glycerol. Based on the results in the form of biodegradable plastics heet lightly browned. Bioplastics starch-cellulose (8:2) on addition of 15% glycerol produce the best plastic value of 6.2551 Mpa tensile strength, elongation 13.43%, 81.76% and hydrophobicity degraded estimated time 26 days 1 hour. Then be teste dusing FT-IR functional groups in the sample.

## Pendahuluan

Salah satu permasalahan lingkungan di dunia terutama di Indonesia adalah sampah plastik. Sampah plastik merupakan sampah yang sulit terurai di dalam tanah. Menurut data statistik persampahan di Indonesia dari Deputi Pengendalian Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2008, menyebutkan bahwa berdasarkan estimasi terhadap 26 kota metropolitan dengan total penduduk 40,1 juta jiwa menghasilkan 14,1 juta ton sampah. Sampah plastik mencapai 14% atau 5,4 juta ton per tahun dan menempati urutan kedua setelah sampah dapur/organik.

Berbagai upaya dan inovasi untuk mengurangi dampak sampah plastik telah dilakukan. Selain proses daur ulang plastik, plastik ramah lingkungan juga telah dikembangkan. Plastik yang terbuat dari bahan kimia sintetik dan bersifat ringan, kuat, elastis serta tidak mudah terurai diganti dengan bahan baku yang mudah diuraikan oleh pengurai, yang disebut dengan plastik *biodegradable* (bioplastik). Bahan utama pembuatan bioplastik adalah pati. Menurut Darni & Utami (2010), pati digunakan karena merupakan bahan yang dapat dengan mudah didegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan.

Beberapa pengembangan bioplastik menggunakan bahan-bahan alam yang mengandung pati telah banyak dilakukan, diantaranya adalah singkong dan ubi jalar. Kedua bahan tersebut dikompositkan dan dilakukan perbandingan perlakuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimiawi komposit *film* tersebut (Huda & Firdaus, 2007). Selain itu juga telah dilakukan penelitian tentang penambahan CMC (*Carboxymethyl Cellulose Concentration*) pada *edible film* singkong yang mampu meningkatkan kekuatan tegangan dan mengurangi perpanjangan patahan pada *film* (Tongdeesoontorn, *et al.*; 2011). Wahyu (2012) juga telah melakukan penelitian tentang ubi jalar. Ubi jalar tersebut digunakan sebagai biokomposit dengan *filler* dari serat *Agave sisalana* (tanaman sisal) untuk mengetahui kekuatan tekuknya.

Pada dasarnya penggunaan bahan-bahan alam tersebut kurang efektif walaupun kandungan patinya yang tinggi dapat menghasilkan plastik dengan kualitas yang diharapkan. Hal ini dikarenakan bahan-bahan alam tersebut masih digunakan masyarakat sebagai salah satu pengganti makanan pokok, sehingga dalam pengembangan plastik ramah lingkungan memerlukan bahan alam yang mengandung pati

namun tidak digunakan sebagai pengganti bahan pangan pokok.

Dalam penelitian ini bahan dasar yang digunakan sebagai sumber pati untuk pembuatan bioplastik adalah limbah biji mangga, hal ini dikarenakan adanya kandungan pati dalam biji mangga. Biji mangga juga bukan merupakan suatu pengganti bahan pangan pokok. Selain itu, limbah biji mangga belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut Morales, *et al.* (2002), kandungan pati dalam biji mangga sebanyak 70,76%. Pati biji mangga mempunyai kadar amilosa 35,32% dan amilopektin 45,98%. Menurut Marbun (2012), kadar amilosa tersebut diharapkan dapat memberikan sifat mekanik yang optimal dan kadar amilopektin memberikan sifat lengket yang optimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan limbah biji mangga untuk dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik dengan penambahan selulosa yang diperoleh dari serbuk kayu gergaji dan *plasticizer* gliserol agar diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik dari hasil yang diperoleh tersebut.

## Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah *oven*, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, desikator, neraca analitik, cetakan teflon, spektrofotometer IR *Shimadzu* dan alat uji kuat tarik. Bahan utama yang digunakan adalah biji mangga, selulosa dari serbuk kayu gergaji, NaOH, aquades, dan gliserol dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Mula-mula melakukan pembuatan pati terlebih dahulu. Biji mangga dikupas dan dibersihkan, kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan. Setelah itu, biji mangga direndam dalam air panas pada suhu 80-90°C selama 30 menit. Hasil rendaman diperas dan disaring serta didiamkan selama 24 jam. Kemudian diambil endapan dari filtrat dan dikeringkan dengan *oven* pada suhu 30°C selama 12 jam.

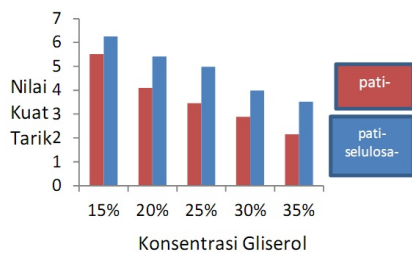
Setelah itu dilakukan pembuatan selulosa dari serbuk kayu gergaji jenis kayu jati, sebanyak 250 g serbuk kayu gergaji jenis kayu jati ditambahkan dengan larutan NaOH 2,5% untuk memisahkan lignin dan selulosa, kemudian diaduk dan didiamkan selama 2 jam. Setelah itu, *slurry* dipisahkan dari cairannya kemudian dikeringkan dengan *oven* dan dihaluskan berulang kali dengan *blender* agar diperoleh partikel yang berukuran kecil.

Pembuatan bioplastik tanpa penambahan selulosa mula-mula pati yang diperoleh dari biji

mangga ditambah aquades dengan perbandingan pati:aquades sebesar 1:20. Larutan tersebut diaduk dengan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada kecepatan 60 rpm dan suhu 90°C selama 20 menit. Selanjutnya gliserol ditambahkan dan diaduk selama 10 menit setelah itu didinginkan. Hasil yang diperoleh dituang ke dalam cetakan plastik (baki plastik) ukuran 30 cm x 20 cm dalam bentuk persegi panjang sebanyak 150 mL dan diratakan. Setelah rata, adonan dalam wadah dioven pada suhu 60°C selama 24 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Plastik siap untuk dikarakterisasi. Setelah itu, dilakukan pembuatan bioplastik dengan penambahan selulosa pada perbandingan pati:selulosa 6:4, 7:3, 8:2 dan 9:1.

Sampel plastik dilakukan beberapa karakterisasi, diantaranya uji *tensile strength* (kuat tarik), uji ketahanan air (hidrofobisitas), uji degradabilitas, dan uji FT-IR.

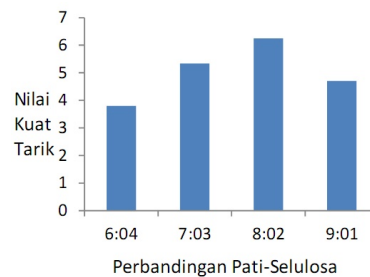
### Hasil dan Pembahasan



**Gambar 1.** Hubungan kuat tarik pada plastik *biodegradable* pati-glisierol dan pati-selulosa(8:2)-gliserol

Berdasarkan grafik pada Gambar 1. terlihat bahwa nilai kuat tarik pada sampel pati-glisierol dan pati-selulosa (8:2)-gliserol mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya penambahan gliserol. Pada sampel pati dan pati-selulosa (perbandingan 8:2) dengan penambahan gliserol 15% memiliki nilai kuat tarik paling besar dibandingkan dengan penambahan gliserol lainnya. Penurunan nilai kuat tarik ini terkait dengan adanya ruang kosong yang terjadi karena adanya ikatan antar polisakarida yang diputus oleh gliserol. Sehingga menyebabkan ikatan antar molekul dalam *film* plastik semakin melemah (Intan & Wan; 2011). Selain itu, menurut Bourtoom (2008) juga menyatakan bahwa kenaikan penambahan konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer* menyebabkan nilai kuat tarik semakin berkurang seiring dengan berkurangnya interaksi intermolekul. Interaksi berkurang karena adanya gliserol yang menyisip dan menghilangkan ikatan hidrogen di antara polisakarida. Meningkatnya jumlah *plasticizer*

yang digunakan menghasilkan mobilitas yang lebih besar terhadap makromolekul pati sehingga kuat tarik bioplastik menurun (Tudorachi, *et al.*; 2000). Tetapi, nilai kuat tarik antara pati-selulosa (8:2)-gliserol 15% lebih besar dibandingkan dengan pati-glisierol 15%. Hal ini dikarenakan selulosa sebagai komponen penguat di dalam material komposit mampu meningkatkan kekuatan mekaniknya. Peningkatan kekuatan tarik akibat penambahan selulosa disebabkan oleh peningkatan interaksi gaya tarik-menarik antar molekul penyusun lapisan tipis. Kondisi ini berkaitan dengan gugus hidroksil yang saling membentuk ikatan hidrogen antar dan intramolekul membentuk lapisan tipis yang terdiri atas serat-serat yang saling menguatkan (Indriyati, *et al.*; 2006).

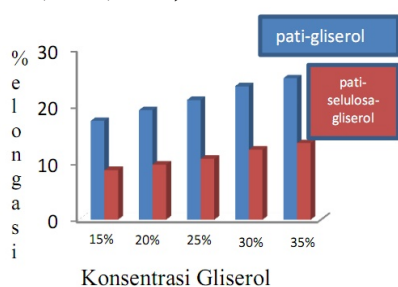


**Gambar 2.** Hubungan kuat tarik pada sampel plastik *biodegradable* pati-selulosa (6:4, 7:3, 8:2, 9:1) ditambah gliserol 15%

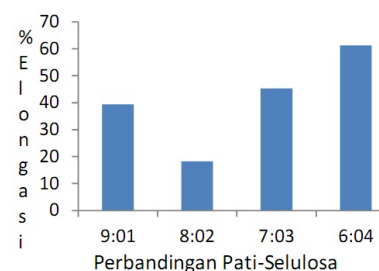
Pada Gambar 2. menunjukkan kuat tarik optimum dicapai pada rasio pati-selulosa 8:2. Mula-mula nilai kuat tarik pada rasio pati-selulosa 6:4 adalah terendah, lalu nilai kuat tarik meningkat pada perbandingan pati-selulosa 7:3 hingga akhirnya nilai kuat tarik tertinggi dicapai pada perbandingan pati-selulosa 8:2. Pada perbandingan pati-selulosa 9:1 nilai kuat tarik menurun karena penambahan selulosa yang sedikit sehingga kontribusi selulosa dalam peningkatan sifat mekanik plastik minim. Selulosa dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada titik tertentu (Darni, *et al.*; 2009). Selain itu, pada sintesis plastik *biodegradable* tersebut terdapat ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil (O-H) dari pati dengan gugus hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) dari selulosa. Ikatan tersebut mengakibatkan kekuatan material menjadi semakin meningkat.

Pada Gambar 3. menunjukkan nilai elongasi semakin naik seiring dengan penambahan gliserol. Pada komposisi pati-glisierol 15% diperoleh nilai persen elongasi terendah sebesar 17,33% dan nilai persen elongasi tertinggi pada komposisi pati-glisierol 35% sebesar 24,816%. Sementara itu pada komposisi pati-selulosa (8:2) dengan penambahan gliserol

15% juga diperoleh nilai persen elongasi terendah yaitu 8,67% dan tertinggi pada penambahan gliserol 35% sebesar 13,43%. Hal ini dapat diartikan bahwa nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi. Hal ini terkait dengan penambahan gliserol. Gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi sebagai pemberi sifat elastisitas pada *film* plastik sehingga semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka akan meningkatkan nilai elongasi pada plastik. Penambahan *plasticizer* menyebabkan turunnya gaya intermolekular sepanjang rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas (Darni, *et al.*; 2009).



**Gambar 3.** Pengaruh % elongasi pada formulasi pati-gliseros dan pati-selulosa(8:2)-gliserol

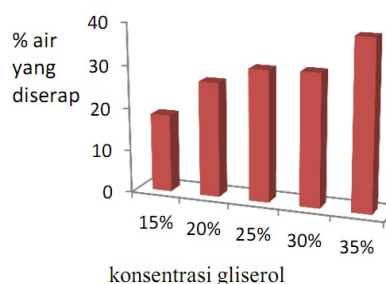


**Gambar 4.** Pengaruh % elongasi pada formulasi pati-selulosa(6:4, 7:3, 8:2 dan 9:1) gliserol 15%

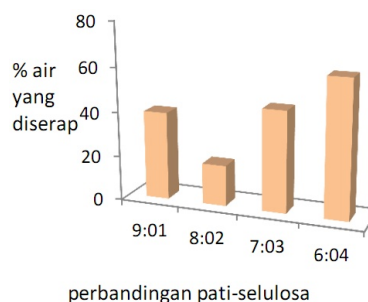
Berdasarkan grafik pada Gambar 4. komposisi pati-selulosa 6:4, 7:3, 8:2 dan 9:1 dengan penambahan gliserol 15% diperoleh nilai perpanjangan elongasi semakin meningkat berbanding terbalik dengan nilai kuat tariknya. Semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung di dalamnya maka % elongasi semakin bertambah besar. Hal ini dikarenakan fleksibilitas yang tinggi pada selulosa sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap besarnya perpanjangan elongasi pada sampel bioplastik. Pada plastik *biodegradable* komposisi pati-selulosa terdapat ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil (OH) pada pati dengan gugus hidroksil (OH) dan C-H karbonil dari selulosa (Darni, *et al.*; 2009).

Berdasarkan Gambar 5. dapat diketahui bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka jumlah air yang diserap semakin banyak. Pada pati-selulosa (8:2) dengan penam-

bahan gliserol 15% terjadi penyerapan air terendah sebanyak 18,23%. Sedangkan penyerapan air tertinggi pada penambahan gliserol 35% sebanyak 39,71%. Menurut Intan & Wan (2011), hal ini dikarenakan adanya tiga gugus hidroksil yang mengakibatkan terjadinya peningkatan penyerapan air pada plastik. Menurut Al awwaly, *et al.* (2010), gliserol adalah *plasticizer* yang bersifat hidrofilik. Peningkatan penyerapan air terkait dengan karakteristik hidrofilik pada gliserol sehingga terjadi peningkatan daya tarik-menarik gliserol dengan air.



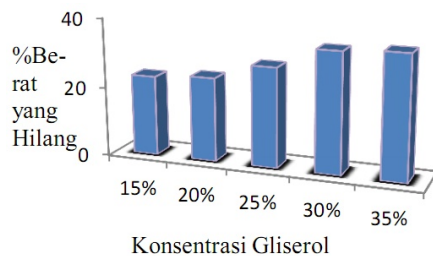
**Gambar 5.** Pengaruh ketahanan air pada formulasi pati-selulosa (8:2) dengan variasi gliserol



**Gambar 6.** Pengaruh ketahanan air pada formulasi pati-selulosa dengan gliserol 15%

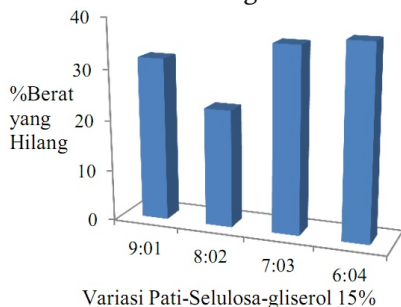
Berdasarkan Gambar 6. perbandingan pati-selulosa 9:1 menghasilkan nilai persentase penyerapan air sebesar 39,43%. Kemudian nilai penyerapan air turun pada titik terendah hingga 18,23% pada perbandingan pati-selulosa 8:2. Hasil tersebut terlihat bahwa kombinasi antara pati dan selulosa mampu meningkatkan ketahanan air bioplastik pada formulasi tertentu. Nilai persentase penyerapan air meningkat lagi pada perbandingan pati-selulosa 7:3 sebesar 45,27% sampai 61,23% pada perbandingan 6:4. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak selulosa yang ditambahkan maka penyerapan air meningkat pada plastik. Menurut Darni, *et al.* (2009), penambahan selulosa bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pada pati karena karakteristik selulosa yang tidak larut dalam air. Ditinjau dari struktur kimia, selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit untuk bergabung dengan air.

Namun penambahan selulosa yang berlebih mampu meningkatkan daya serap selulosa. Hal ini terjadi karena ikatan hidrogen dalam molekul selulosa cenderung untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekul termasuk dengan molekul air. Jadi dapat dikatakan bahwa plastik yang dihasilkan bersifat hidrofilik. Terkait dengan pernyataan Darni & Utami (2010) bahwa sifat ketahanan air suatu molekul berhubungan dasar dengan sifat dasar penyusunnya.



**Gambar 7.** Pengaruh penambahan gliserol pada plastik pati-selulosa (8:2) terhadap kemampuan terdegradasi plastik di tanah

Pada penambahan gliserol 15%, kemampuan terdegradasi ditunjukkan dengan banyaknya berat plastik yang hilang sebesar 23,05%. Persentase berat plastik yang berkurang semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah gliserol. Penambahan gliserol 35% menghasilkan persentase berat plastik yang berkurang meningkat sebesar 35,29%. Hal ini membuktikan bahwa kemampuan degradasi suatu plastik berkaitan dengan kemampuan menyerap air. Artinya, semakin banyak kandungan air suatu material maka semakin mudah terdegradasi. Air merupakan media sebagian besar bakteri dan mikroba terutama yang berada di dalam tanah. Sehingga kandungan air mengakibatkan plastik menjadi lebih mudah terdegradasi.



**Gambar 8.** Hubungan plastik variasi pati-selulosa terhadap kemampuan terdegradasi plastik di tanah

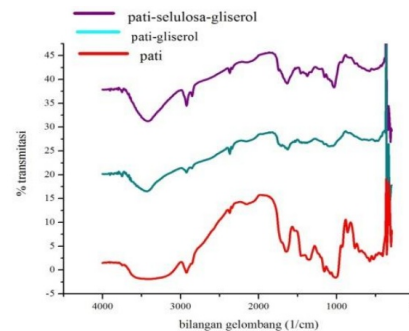
Pada grafik yang tersaji pada Gambar 8. variasi pati-selulosa (6:4, 7:3, 8:2 dan 9:1) dengan penambahan gliserol 15% menghasilkan degradasi terbaik pada perbandingan 8:2 sebesar 23,05%. Semakin banyak selulosa yang ditambahkan maka jumlah berat plastik yang

hilang akan semakin banyak. Pada variasi pati-selulosa diperoleh jumlah berat plastik yang hilang tertinggi pada perbandingan pati-selulosa 6:4 sebesar 37,70%.

Menurut Wypich (2003), pada uji biodegradabilitas air dapat masuk untuk menetrasi struktur material dan membantu aktivitas biologi (mikroba) pada material tersebut. Pada penelitian Behjat, *et al.* (2009) menyatakan bahwa semakin banyak selulosa yang dikandung oleh suatu plastik, maka semakin cepat plastik tersebut untuk terdegradasi. Jadi yang berperan dalam faktor biodegradabilitas suatu plastik adalah selulosa. Karena selulosa merupakan bahan alam yang dapat terdegradasi di alam karena aktivitas mikroba yang berada di dalam tanah.

Gambar 7. dan 8. dapat dikatakan bahwa biodegradabilitas dipengaruhi oleh kondisi air dan selulosa. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan, sampel bioplastik semakin mudah terdegradasi. Semakin banyak selulosa yang ditambahkan, sampel bioplastik juga semakin mudah terdegradasi.

Plastik *biodegradable* dikarakterisasi secara kimia menggunakan FT-IR. Adapun tujuannya untuk menganalisa gugus fungsi pada sampel tersebut. Sampel yang diuji diantaranya pati, sampel plastik pati-glisерol dan pati-selulosa-glisерol. Spektra FT-IR ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Spektra FT-IR plastik *biodegradable* pati-glisерol dan pati-selulosa-glisерol dibandingkan dengan pati

Berdasarkan spektra tersebut terlihat bahwa gugus OH alkohol, OH karboksil dan C-H alkana pada sampel plastik *biodegradable* pati-glisерol dan pati-selulosa-glisерol terdapat pada bilangan gelombang berturut-turut yaitu 3749,62; 3425,58 dan 2924,09  $\text{cm}^{-1}$ . Akan tetapi puncak-puncak pada penambahan selulosa lebih tajam dibandingkan pada sampel tanpa penambahan selulosa. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh gugus-gugus yang ada pada selulosa menambah ketajaman spektra pada

sampel plastik *biodegradable*.

Dari spektra-spektra tersebut diketahui bahwa pada plastik *biodegradable* yang disintesis tidak ditemukan gugus fungsi baru. Walaupun begitu pada spektra pati tidak ditemukan gugus OH alkohol di daerah serapan  $3700\text{ cm}^{-1}$ . Gugus OH alkohol pada sampel plastik berasal dari gugus fungsi OH gliserol.

Menurut Darni & Utami (2010), gugus fungsi C=O karbonil dan COOH ester mengindikasikan adanya kemampuan degradabilitas pada plastik yang disintesis. Hal ini dikarenakan gugus fungsi O-H, C=O karbonil dan C-O ester merupakan gugus yang bersifat hidrofilik sehingga molekul air dapat mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks plastik tersebut.

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa biji mangga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik dengan penambahan selulosa alami dan gliserol. Komposisi (pati, selulosa dan gliserol) terbaik dalam pembuatan bioplastik agar menghasilkan plastik yang memiliki kuat tarik tinggi, bersifat hidrofob dan dapat terdegradasi di alam adalah perbandingan pati-selulosa 8:2 pada penambahan gliserol 15% dengan hasil kuat tarik sebesar 6,2551 MPa, elongasi 13,433%, hidrofobitas 81,77%, dan terdegradasi 23,05% dengan perkiraan waktu terdegradasi 26 hari 1 jam. Hasil uji karakteristik bioplastik menunjukkan bahwa penambahan gliserol akan mengurangi nilai kuat tarik, menambah elastisitas, mengurangi daya ketahanan air dan mempercepat waktu terdegradasi. Analisis gugus fungsi menunjukkan adanya gugus ester dan karboksil yang mengindikasikan plastik bersifat *biodegradable*.

### Daftar Pustaka

- Al Awwaly, K.U., A. Manab dan E. Wahyuni. 2010. Pembuatan *Edible Film* Protein Whey: Kajian Rasio Protein dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik dan Kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 5 (1): 45-56
- Behjat, T., A.R. Rusly., C.A. Luqman., A.Y. Yus & I.N. Azowa. 2009. Effect of PEG on the Biodegradability Studies of Kenaf Cellulose-Polyethylene Composites. *International Food Research Journal*. 16 (2): 243-247
- Bourtoom, T. 2008. Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. *International Food Research Journal*. 15 (3): 1-12
- Darni, Y., H. Utami, & S.N. Asriah. 2009. Peningkatan Hidrofobitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumpun Laut *Euchema spinosum*. Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Lampung: Universitas Lampung
- Darni, Y. & H. Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7 (4): 88-93
- Huda, T. & F. Firdaus. 2007. Karakteristik Fisikokimiawi *Film* Plastik *Biodegradable* dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar. *Jurnal Penelitian dan Sains "Logika"*. 4 (2): 3-10
- Indriyati., L. Indrarti & E. Rahimi. 2006. Pengaruh *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis Komposit Bakterial Selulosa. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 8 (1):40-44
- Intan, D.H. & Wan A.W.A.R. 2011. Tensil and Water Absorbtion of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/ Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer. *Sains Malaysiana*. 40 (7):713-718
- Marbun, E.S. 2012. *Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- Morales, J.J.Z., L. Sapiens., C.A. Ondorica., R. Baez., J.V. Torres, & A. Anzaldua. 2002. *Physicochemical and Nutritional Characterization of Mango Kernel (Mangifera indica L.)*. CV. Kent for Food Purpose. Mexico. <http://www.confec.com/ift/98>.
- Tongdeesoontorn, W., L.J. Mauer., S. Wongruong., P. Sriburi, & P. Rachtanapun. 2011. Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starch-Based Film. *Chemistry Central Journal*. 5(6): 3-8. Tersedia di <http://journal.chemistrycentral.com> [diakses 3 Februari 2013]
- Tudorachi, N., C.N. Cascaval., M. Rusu & M. Pruteanu. 2000. *Testing of Polyvinyl Alcohol and Starch Mixture as Biodegradable Polymeric Materials*. Elsevier Science. 19: 785-799
- Wypich, G. 2003. *Plasticizer Use and Selection for Specific Polymers*. Toronto: ChemTec Laboratories