

Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol

Muhammad Afif , Nanik Wijayati, dan Sri Mursiti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Mei 2018

Disetujui Juni 2018

Dipublikasikan Agustus 2018

Keywords:

bioplastik
pati
kitosan
sorbitol

Abstrak

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah sampah plastik sintetik adalah pembuatan bioplastik. Biji alpukat dapat digunakan sebagai bahan dasar bioplastik karena kandungan patinya cukup tinggi. Bioplastik berbahan dasar pati biji alpukat memberikan karakteristik sifat mekanik yang rendah sehingga perlu ditambahkan kitosan dan sorbitol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui rasio massa optimal dari pati biji alpukat-kitosan dan penambahan sorbitol optimal yang menghasilkan bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik. Penelitian ini terdiri dari ekstraksi pati dari biji alpukat beserta karakterisasinya, pembuatan bioplastik, uji mekanik, uji daya serap air, dan uji biodegradasi. Hasil penelitian menunjukkan rasio massa pati biji alpukat : kitosan (3:2) menghasilkan bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik dengan nilai kuat tarik 6,40 MPa, elongasi 6,87%, elastisitas 0,93 MPa, daya serap air 120,86% pada suhu 26°C dan 127,32% pada suhu 50°C. Pada variasi penambahan sorbitol didapatkan bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik pada penambahan sorbitol 3 mL dengan nilai kuat tarik 2,28 MPa, elongasi 17,58%, elastisitas 0,13 MPa, daya serap air 88,23% pada suhu 26°C dan 87,39% pada suhu 50°C, serta persen degradasi 41,35%.

Abstract

One effort to overcome the problem of synthetic plastic waste is the manufacture of bioplastics. Avocado seeds can be used as a base material of bioplastic because the content of the starch is high enough. Bioplastic with avocado starch as the base material provides characteristics of low mechanical properties so it needs to be added chitosan and sorbitol. The purpose of this study is to determine the optimal mass ratio of starch avocado seeds-chitosan and the addition of the optimum sorbitol which produced bioplastic with the characteristics of the best mechanical properties. The study consisted of extraction of starch from avocado seeds along with its characterization, bioplastic preparation, mechanical test, water absorption test, and biodegradation test. The results showed that the mass ratio of starch avocado seed: chitosan (3:2) produced bioplastic with the best mechanical properties characteristics with tensile strength value 6.40 MPa, elongation 6.87%, elasticity 0.93 MPa, water absorption 120.86% at temperature 26°C and 127.32% at 50°C. In the variation of sorbitol addition obtained bioplastic with the best characteristics of mechanical properties on the addition of sorbitol 3 mL with tensile strength value 2.28 MPa, elongation 17.58%, elasticity 0.13 MPa, water absorption 88.23% at temperature 26°C and 87.39% at 50°C, and percent degradation 41.35%.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

Pendahuluan

Plastik yang berasal dari minyak bumi jumlahnya semakin terbatas dan sifatnya tidak mudah didegradasi meskipun telah ditimbun selama puluhan tahun. Akibatnya terjadi penumpukan sampah plastik yang menjadi penyebab pencemaran lingkungan (Setiani *et al.*, 2013). Salah satu solusi untuk mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik adalah dengan membuat plastik *biodegradable* (bioplastik). Bioplastik merupakan plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Bioplastik mempunyai sifat ramah lingkungan karena sifatnya yang dapat kembali ke alam (Coniwanti *et al.*, 2014). Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme pengurai seperti bakteri dan jamur (Avella, 2009).

Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah pati. Pati merupakan polisakarida yang serbaguna dan melimpah di bumi. Pati dapat diubah menggunakan teknologi yang ada, jumlahnya melimpah dan murah (Ali *et al.*, 2008). Selain itu pati digunakan karena merupakan bahan yang mudah didegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Darni & Herti, 2010).

Penelitian ini menggunakan pati biji alpukat sebagai bahan dasar bioplastik. Menurut Winarti & Purnomo (2006) biji alpukat mengandung pati sebesar 80,1% dengan kadar amilosa 43,3% dan amilopektin 36,8%. Kadar pati yang cukup tinggi ini berpotensi digunakan sebagai bahan baku bioplastik. Selain itu penggunaan biji alpukat dilakukan untuk mengurangi limbah biji alpukat yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal.

Bioplastik berbahan dasar pati memiliki sifat mekanik yang rendah. Sifat mekanik bioplastik bisa diperbaiki dengan cara menambah kitosan. Kitosan merupakan turunan kitin yang bersifat hidrofobik serta dapat membentuk film dan membran dengan baik (Dallan *et al.*, 2006). Kitosan sebagai biopolimer pencampur memiliki gugus fungsi amina, gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai dengan amilosa dan amilopektin dalam pati (Dallan *et al.*, 2006). Ikatan hidrogen antar rantai amilosa-amilopektin-kitosan tersebut mengakibatkan sifat mekanik dari bioplastik meningkat.

Bioplastik berbahan dasar pati-kitosan masih memiliki kekurangan yaitu nilai elastisitasnya rendah. Nilai elastisitas yang rendah ini dapat diperbaiki dengan cara menambah *plasticizer*. *Plasticizer* menurunkan kekuatan inter dan intra molekular dan memperbesar jarak antara molekul polimer (Krochta, 2002). Pada penelitian ini digunakan *plasticizer* sorbitol yang ditambahkan ke dalam campuran untuk meningkatkan elastisitas dan memperlemah kekakuan dari bioplastik.

Metode

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, *hotplate magnetic stirrer* SM-22 termoline, alat uji kuat tarik *Texture Analyser* tipe *TA Plus*, jangka sorong digital, dan FT-IR *Spektrum 100-Perkin Elmer*. Bahan-bahan yang digunakan meliputi natrium metabisulfit, sorbitol, asam asetat dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, biji alpukat, kitosan, bakteri EM4, akuades, dan gula jawa.

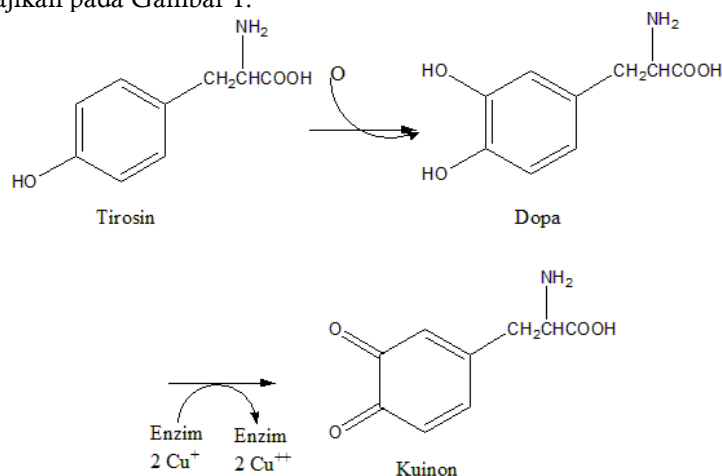
Ekstraksi pati dari biji alpukat dilakukan dengan merendam irisan biji alpukat dalam larutan natrium metabisulfit 3000 ppm pada pH netral selama 24 jam. Selanjutnya diblender hingga terbentuk *slurry*, kemudian diperas, disaring, dan filtratnya didiamkan selama 12 jam. Endapan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 6 jam. Serbuk pati dikarakterisasi kadar airnya (metode oven; AOAC, 1995), kadar pati total (metode *Direct Acid Hydrolysis*; AOAC 1970), kadar amilosa dan amilopektin (IRRI; 1971). Pembuatan bioplastik dilakukan dengan rasio massa pati : kitosan yaitu 1:0, 0:1, 1:1, 2:3, dan 3:2. Pati dilarutkan dalam akuades, sedangkan kitosan dilarutkan dalam asam asetat 1% dengan pengadukan selama ± 30 menit. Konsentrasi larutan pati dan larutan kitosan masing-masing 4 g/100 mL. Kedua larutan tersebut dicampur kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu 70°C selama ± 25 menit tanpa penambahan sorbitol. Selanjutnya dilakukan variasi penambahan sorbitol 40% sebanyak 1, 2, 3, dan 4 mL setelah didapatkan rasio massa yang optimal dari pati-kitosan. Larutan campuran dituang ke dalam cetakan kaca berukuran 20×20 cm kemudian diangin-anginkan selama ± 48 jam hingga bioplastik cukup mengering. Bioplastik dilepaskan dari cetakan kemudian diuji kuat tarik, elongasi, elastisitas, uji daya serap air, uji degradasi, dan karakterisasi gugus fungsi menggunakan FT-IR.

Hasil dan Pembahasan

Bahan dasar pembuatan bioplastik adalah pati yang berasal dari biji alpukat. Sebelum mengekstrak pati, biji alpukat dipilih terlebih dahulu agar dihasilkan pati dengan kualitas yang baik. Biji alpukat sebanyak 3 kg dipilih kemudian diekstraksi, dikeringkan, dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Pati murni yang dihasilkan sebanyak 220 g.

Pada proses pengirisan biji alpukat, teramati warna biji berubah dari putih menjadi merah kecoklatan saat dibiarkan di udara bebas. Hal ini terjadi karena biji alpukat mengandung senyawa fenolik dopa (3,4-

dihidroksi fenilalanin). Senyawa fenolik tersebut dapat menyebabkan adanya reaksi pencoklatan (*browning*) secara enzimatik yang disebabkan oleh reaksi antara oksigen dengan substrat fenolik dengan katalisator *polifenol oksidase*. *Polifenol oksidase* merupakan enzim yang mengandung tembaga (Cu) yang mengkatalis oksidasi senyawa fenol. Aktivitas tersebut mengubah gugus monofenol menjadi O-hidroksi fenol (difenol), yang selanjutnya diubah lagi menjadi o-kuinon. O-kuinon mengalami polimerisasi non enzimatik menghasilkan melanin yang merupakan pigmen berwarna gelap (Queiroz *et al.*, 2008). Reaksi pencoklatan secara enzimatik disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi pencoklatan secara enzimatik (Queiroz *et al.*, 2008)

Pencegahan timbulnya warna coklat pada biji alpukat dilakukan dengan cara merendam biji dalam larutan natrium metabisulfit. Natrium metabisulfit mempunyai fungsi sebagai senyawa anti *browning* yang menghambat reaksi enzim polifenol oksidase dengan oksigen sehingga reaksi *browning* tidak terjadi. Natrium metabisulfit juga mempunyai fungsi sebagai anti mikroba dan antioksidan sehingga pati biji alpukat yang dihasilkan tahan lama dan tidak mudah rusak (Philip, 2010). Pati biji alpukat yang dihasilkan kemudian dilakukan berbagai karakterisasi yaitu analisis kadar air, pati, amilosa, dan amilopektin. Hasil karakterisasi pati biji alpukat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar komponen kimia pati biji alpukat

No	Komponen	Kadar (%)	
		Penelitian ini	Penelitian Winarti & Purnomo (2006)
1	Air	7,44	10,2
2	Pati	79,45	80,1
3	Amilosa	29,55	43,3
4	Amilopektin	49,90	36,8

Hasil kadar komponen kimia pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Winarti & Purnomo (2006). Kadar air pada pati biji alpukat yang dihasilkan sebesar 7,44%. Kualitas pati biji alpukat ini cukup baik bila mengacu pada standar mutu pati yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Nilai kadar air maksimum pada pati menurut SNI adalah 14,5%. Analisis kadar air pada pati penting dilakukan karena kadar air berpengaruh terhadap masa simpan pati. Kadar air yang tinggi mengakibatkan masa simpan pati semakin pendek karena mikroba mudah mengkontaminasi pati sehingga pati cepat rusak dan tidak tahan lama.

Kandungan amilosa dan amilopektin yang diperoleh cukup tinggi. Kadar amilopektin lebih tinggi dibandingkan dengan kadar amilosa. Kadar amilopektin yang lebih tinggi ini akan mempermudah gelatinisasi pati karena dapat menurunkan kelarutan pati di dalam air, sehingga pati hanya dapat mengembang dalam air panas yang dibutuhkan dalam proses gelatinisasi pati. Kadar amilopektin yang tinggi mengakibatkan banyak ruang kosong yang ada sehingga ruang kosong ini akan diisi oleh biopolimer pencampur untuk berikatan (Setiani *et al.*, 2013).

Bioplastik hasil sintesis selanjutnya dilakukan beberapa pengujian yaitu uji ketebalan, sifat mekanik (kuat tarik, elongasi, elastisitas), daya serap air, dan biodegradasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rasio massa pati : kitosan yang optimal dari bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik. Pengaruh rasio massa pati : kitosan terhadap karakteristik bioplastik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh rasio massa pati : kitosan terhadap karakteristik bioplastik

Rasio massa pati: kitosan	Uji					
	Tebal (mm)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Elastisitas (MPa)	Daya serap air (%)	
					26°C	50°C
0:1	0,100	9,06	5,99	1,51	209,84	224,06
1:1	0,120	6,14	6,42	0,95	166,05	174,64
2:3	0,133	7,66	3,36	2,27	140,86	177,93
3:2	0,126	6,40	6,87	0,93	120,86	127,32

Tabel 2 menunjukkan nilai kuat tarik yang berbeda-beda pada bioplastik. Salah satu penyebab nilai kuat tarik yang berbeda-beda pada bioplastik adalah besarnya rasio massa pati : kitosan. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka nilai kuat tarik bioplastik cenderung semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak interaksi antara amilosa-amilopektin-kitosan dengan membentuk ikatan hidrogen dalam bioplastik. Ikatan hidrogen antar rantai ini akan semakin kuat dan sulit untuk diputus. Sifat bioplastik yang dihasilkan menjadi lebih rapat dan lebih kaku (Setiani *et al.*, 2013).

Elongasi berbanding terbalik dengan kuat tarik. Penambahan kitosan cenderung menurunkan nilai elongasi bioplastik. Sebagaimana yang disampaikan oleh Ginting *et al.* (2016) bahwa jumlah kitosan yang ditambahkan dapat menyebabkan penurunan jarak ikatan antar molekul. Penurunan jarak ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk antara molekul kitosan-amilosa-amilopektin. Hal tersebut membuat nilai persen elongasi semakin kecil dan bioplastik yang dihasilkan semakin kaku dan kurang elastis.

Elastisitas menunjukkan kekakuan suatu bahan plastik (Setiani *et al.*, 2013). Nilai elastisitas yang tinggi menunjukkan bioplastik yang dihasilkan mempunyai kekakuan yang tinggi (Pratomo & Eli, 2011). Semakin kecil nilai elastisitas maka plastik yang dihasilkan semakin baik. Salah satu sebab yang mempengaruhi nilai elastisitas adalah rasio massa pati : kitosan. Elastisitas bioplastik yang baik diperoleh bila rasio massa pati : kitosan yang digunakan tepat. Nilai elastisitas mempengaruhi kualitas bioplastik yang dihasilkan.

Parameter baik tidaknya kualitas dari bioplastik salah satunya dipengaruhi oleh daya serap air. Semakin tinggi kemampuan bioplastik menyerap air maka semakin rendah kualitas dari bioplastik tersebut karena berkaitan dengan ketahanannya saat disimpan. Daya serap air tertinggi baik pada suhu ruangan (26°C) ataupun suhu panas (50°C) terjadi pada bioplastik dengan rasio massa pati : kitosan (0:1). Ban *et al.* (2005) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa penambahan kitosan ke dalam matrik film dapat meningkatkan daya serap air. Hal ini dikarenakan kitosan mengandung gugus hidroksil (gugus OH) yang bersifat hidrofilik. Gugus hidroksil inilah yang mendorong serapan air pada bioplastik menjadi lebih tinggi. Penambahan pati juga menyebabkan daya serap air semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pati memiliki banyak gugus hidroksil (OH) sehingga banyak dalam menyerap air (Setiani *et al.*, 2013). Bioplastik dengan daya serap air yang rendah didapatkan bila rasio pati : kitosan yang digunakan sesuai. Hal ini ditunjukkan dengan rasio pati : kitosan (3:2) mempunyai daya serap air yang paling baik.

Hasil optimasi bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik didapatkan pada rasio massa pati : kitosan 3:2. Selanjutnya dilakukan optimasi penambahan sorbitol pada bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik. Optimasi ini bertujuan untuk mengetahui penambahan volume sorbitol yang optimal sehingga dihasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap karakteristik bioplastik disajikan pada Tabel 3.

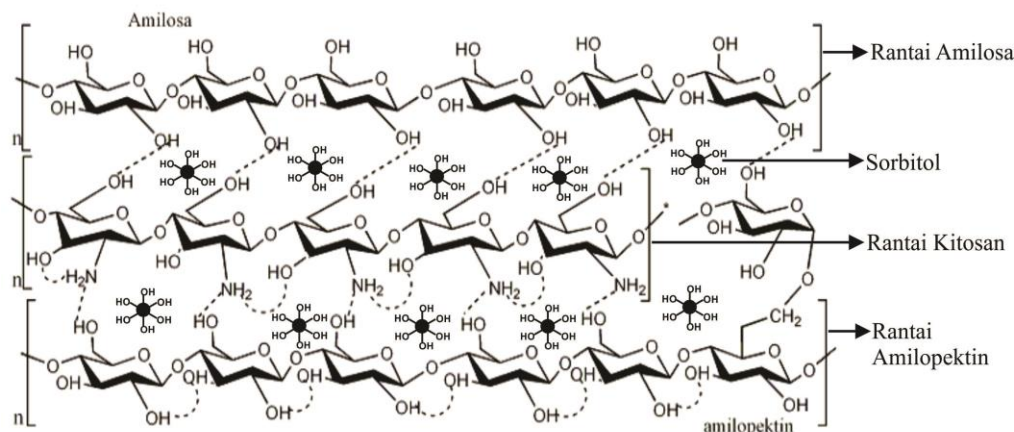
Tabel 3. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap karakteristik bioplastik

Rasio massa pati: kitosan	Sorbitol (mL)	Uji					
		Tebal (mm)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Elastisitas (MPa)	Daya serap air (%)	
						26°C	50°C
3:2	1	0,126	4,77	3,76	1,26	53,32	71,04
	2	0,146	3,19	13,56	0,23	72,81	73,78
	3	0,153	2,28	17,58	0,13	88,23	87,39
	4	0,166	1,95	9,47	0,20	93,80	88,03

Tabel 3 menunjukkan terjadi penurunan nilai kuat tarik seiring dengan bertambahnya volume sorbitol dalam bioplastik. Hal ini terjadi karena sorbitol dapat menyisip diantara molekul amilosa-amilopektin-kitosan sehingga interaksi intermolekul menjadi semakin berkurang. Purwanti (2010) menyatakan bahwa

molekul-molekul sorbitol di dalam bioplastik terletak diantara rantai ikatan polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul polimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya nilai kuat tarik bioplastik.

Penelitian lain dilakukan oleh Hidayati *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa penambahan sorbitol mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Sorbitol mengganggu ikatan hidrogen antar molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang. Secara umum mekanisme penyisipan sorbitol di antara molekul amilosa-amilopektin-kitosan disajikan pada Gambar 2.



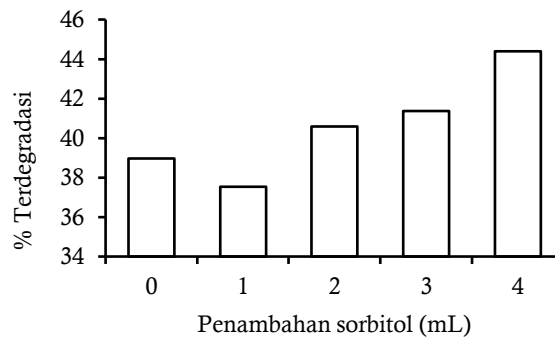
Gambar 2. Usulan interaksi hidrogen antar molekul amilosa, amilopektin dan kitosan dengan penambahan sorbitol dalam bioplastik

Elongasi cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya volume sorbitol dalam bioplastik. Peningkatan nilai elongasi terjadi karena sorbitol dapat mengganggu ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas film polimer. Sorbitol merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik sehingga dapat melunakkan bahan dan mengakibatkan peningkatan nilai elongasi. Peningkatan nilai elongasi menyebabkan bioplastik tidak mudah putus apabila terkena gaya (Mali *et al.*, 2004). Menurut Widyarningsih *et al.* (2012) penambahan sorbitol berbanding lurus dengan persen elongasi artinya semakin besar penambahan sorbitol maka nilai persen elongasi cenderung semakin besar.

Nilai elastisitas berbanding lurus dengan kuat tarik dan berbanding terbalik dengan elongasi. Sorbitol yang ditambahkan ke dalam bioplastik mempengaruhi nilai elastisitas. Semakin banyak penambahan sorbitol maka nilai elastisitasnya cenderung semakin kecil. Nilai elastisitas terbesar 1,26 MPa terjadi pada penambahan volume 1 mL, sedangkan nilai elastisitas terkecil 0,13 MPa pada penambahan volume 3 mL.

Penambahan sorbitol meningkatkan daya serap air pada bioplastik. Semakin banyak penambahan volume sorbitol maka daya serap airnya akan semakin tinggi. Setiani *et al.* (2013) menyatakan bahwa penambahan sorbitol berpengaruh terhadap nilai daya serap air pada bioplastik. Sorbitol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air. Adanya gugus hidroksil (OH) pada sorbitol mengakibatkan terjadinya peningkatan penyerapan air pada bioplastik. Hasil daya serap air terbaik didapatkan pada bioplastik dengan penambahan sorbitol sebanyak 1 mL sebesar 53,32% pada suhu 26°C dan 71,04% pada suhu 50°C.

Bioplastik dapat dikatakan ramah lingkungan jika dapat terdegradasi dengan baik. Analisis degradasi bioplastik dilakukan melalui pengamatan secara visual selama 10 hari. Pada hari pertama bioplastik masih berupa lembaran bening, kemudian pada hari ke-10 bioplastik menjadi berwarna hitam. Perendaman dalam bakteri EM4 selama 10 hari mengakibatkan bioplastik terdekomposisi secara perlahan. Hasil uji biodegradasi ini menunjukkan bioplastik berbahan pati biji alpukat-kitosan dapat dikatakan sebagai plastik yang ramah lingkungan (*biodegradable*). Penambahan sorbitol menghasilkan tingkat degradasi yang berbeda-beda dari bioplastik. Tingkat degradasi bioplastik tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai persen degradasi. Perbandingan nilai persen degradasi dari bioplastik disajikan pada Gambar 3.

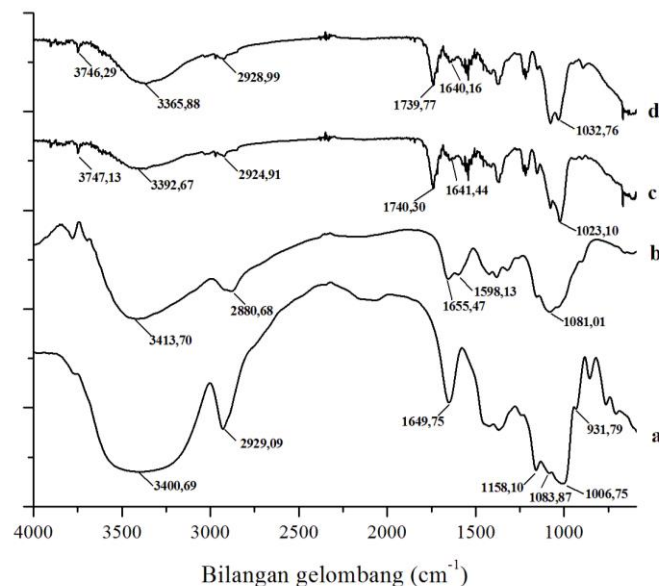


Gambar 3. Perbandingan persen degradasi bioplastik

Gambar 3 menunjukkan bahwa bioplastik yang mudah terdegradasi adalah bioplastik dengan penambahan sorbitol 4 mL yang dibuktikan dengan persen degradasi sebesar 44,39%. Bioplastik dengan penambahan sorbitol 1 mL memiliki persen degradasi paling rendah yaitu sebesar 37,52%. Hal ini terjadi berkaitan dengan kemampuan bioplastik dalam menyerap larutan bakteri EM4. Semakin banyak sorbitol yang ditambahkan maka bioplastik cenderung semakin mudah terdegradasi. Sorbitol memiliki sifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan untuk mengikat air. Air merupakan media tumbuh bagi sebagian besar bakteri dan mikroba, sehingga kandungan air yang tinggi mengakibatkan bioplastik menjadi lebih mudah terdegradasi.

Menurut Utami *et al.* (2014) bioplastik mudah terdegradasi karena komponen penyusun di dalamnya merupakan bahan alam. Bioplastik yang dihasilkan mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO). Gugus tersebutlah yang mengakibatkan bioplastik dapat terdegradasi dengan baik. Secara umum, faktor-faktor yang mempercepat proses terjadinya biodegradasi adalah komponen larutan penyusun, aktivitas bakteri EM4, struktur polimer, morfologi, berat molekul, suhu, lingkungan, dan kelembaban (Coniwanti *et al.*, 2014).

Setelah dihasilkan bioplastik dengan karakteristik mekanik terbaik maka dilanjutkan dengan uji FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi dari bioplastik, pati biji alpukat, dan kitosan. Hasil uji FT-IR disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektra FT-IR (a) pati, (b) kitosan, (c) bioplastik A, (d) bioplastik B

Gambar 4 menunjukkan hasil FT-IR dari bioplastik beserta bahan-bahan yang digunakan. Bioplastik A merupakan hasil sintesis bioplastik pada rasio optimal massa pati : kitosan (3:2) tanpa penambahan sorbitol yang merupakan bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik. Bioplastik B merupakan hasil sintesis optimal pada variasi sorbitol (penambahan 3 mL) setelah didapatkan rasio terbaik dari massa pati : kitosan (3:2).

Analisis pada pati menggunakan FT-IR menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} yang menunjukkan gugus O-H. Serapan di daerah 2929 cm^{-1} menunjukkan senyawa alkana, yakni adanya stretching C-H pada daerah $2850\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$. Selain itu pada rentang frekuensi antara $900\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$ yakni $931, 1006, 1083,$ dan 1158 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O (Chandra *et al.*, 2013). Spektra khas pati muncul pada bilangan gelombang 1649 cm^{-1} yang mengindikasikan ikatan C-C.

Kitosan juga dianalisis menggunakan FT-IR. Serapan pada bilangan gelombang 3413 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus O-H. Ikatan C-H dari spektra kitosan diperoleh pada bilangan gelombang 2880 cm^{-1} . Ciri khas dari kitosan adalah munculnya pita serapan kuat pada bilangan gelombang 1598 cm^{-1} yang menunjukkan terdapatnya gugus N-H.

Gambar 4 juga menunjukkan hasil spektra bioplastik A dan B. Pada bioplastik A terdapat bilangan gelombang 3747 cm^{-1} yang menunjukkan gugus O-H alkohol. Pada bilangan gelombang 2924 cm^{-1} terdapat pita serapan yang menunjukkan ikatan C-H. Pada bioplastik A ini terdapat pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H karboksil yakni dari 3400 cm^{-1} pada pati menjadi 3392 cm^{-1} pada bioplastik. Selain itu terdapat pergeseran bilangan gelombang pula dari 1598 cm^{-1} pada kitosan menjadi 1641 cm^{-1} pada bioplastik yang menunjukkan gugus N-H. Adanya pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H dan N-H ini menunjukkan telah terjadi interaksi berupa ikatan hidrogen antar molekul amilosa-amilopektin-kitosan dalam bioplastik.

Pada bioplastik B gugus O-H alkohol ditunjukkan pada bilangan gelombang 3746 cm^{-1} . Ikatan C-H ditunjukkan pada bilangan gelombang 2928 cm^{-1} . Pergeseran bilangan gelombang terjadi pada gugus O-H karboksil yakni dari 3400 cm^{-1} pada pati menjadi 3365 cm^{-1} pada bioplastik. Selain itu terdapat pergeseran bilangan gelombang pula dari 1598 cm^{-1} pada kitosan menjadi 1640 cm^{-1} pada bioplastik. Adanya pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H dan N-H ini menunjukkan telah terjadi interaksi berupa ikatan hidrogen antar molekul amilosa-amilopektin-kitosan dalam bioplastik. Hasil FT-IR pada bioplastik A dan bioplastik B ini menunjukkan tidak adanya kemunculan gugus fungsi yang baru, dengan kata lain secara kimia tidak terjadi perubahan, sehingga proses pembuatan bioplastik merupakan pencampuran secara fisik (Sofia *et al.*, 2017).

Simpulan

Bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik pada variasi rasio massa pati biji alpukat : kitosan didapatkan pada formula 3:2 dengan nilai kuat tarik $6,40\text{ MPa}$, elongasi $6,87\%$, elastisitas $0,93\text{ MPa}$ dengan daya serap air $120,86\%$ pada suhu 26°C dan $127,32\%$ pada suhu 50°C . Hasil bioplastik dengan karakteristik sifat mekanik terbaik pada variasi sorbitol didapatkan pada penambahan sorbitol 3 mL dengan nilai kuat tarik $2,28\text{ MPa}$, elongasi $17,58\%$, elastisitas $0,13\text{ MPa}$, dengan daya serap air $88,23\%$ pada suhu 26°C dan $87,39\%$ pada suhu 50°C serta persen degradasi sebesar $41,35\%$. Hasil karakterisasi dari FT-IR menunjukkan bahwa terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H dan N-H pada bioplastik yang menunjukkan telah terjadi interaksi berupa ikatan hidrogen antar molekul amilosa-amilopektin-kitosan dalam bioplastik.

Daftar Pustaka

- Ali, S.A., F. Hasan., A. Hameed, & S. Ahmed. 2008. Biological Degradation of Plastics: A Comprehensive Review. *Biotechnology Advance*, 26(3): 246–265
- Avella, M.E. 2009. Eco-Challenges of Bio-based Polymer Composites. *Materials*, 2(3): 911-925
- Ban, W. 2006. Influence of Natural Biomaterials on the Elastic Properties of Starch Derived Films: An Optimization Study. *Journal of Applied Polymer Science*, 15(3): 30-38
- Chandra, A., H.M. Inggrid, & Verawati. 2013. *Pengaruh pH dan Jenis Pelarut pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat*. Bandung: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan
- Coniwanti, P., L. Laila, & M.R. Alfira. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4): 22-30
- Dallan, P.R.M., P. Moreira., D. Luz., L. Petinari., S.M. Malmonge., M.M. Beppu., S.C. Genari, & A.M. Moraes. 2006. Effects of Chitosan Solution Concentration and Incorporation of Chitin and Glycerol on Dense Chitosan Membrane Properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 3(3): 394-405
- 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

- Ginting, M.H.S., M. Kristiani., Y. Amelia, & R. Hasibuan. 2016. The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating Temperature Bioplastic Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (*Durio zibehinus*). *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 6(1): 33-38
- Hidayati, S., A.S. Zuidar, & A. Ardiani. 2015. Aplikasi Sorbitol pada Produksi *Biodegradable Film* dari Nata De Cassava. *J.Reaktor*, 15(3): 196-204
- Krochta, J.M. 2002. *Proteins as Raw Materials for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities*. Boca Raton, FL: CRC Press
- Mali, S., M.V.E. Grossmann., M.A. Garcia., M.N. Martino, & N.E. Zaritzky. 2004. Barrier, Mechanical and Optical Properties of Plasticized Yam Starch Films. *Carbohydrate Polymers*, 56(1): 129-135
- Philip, F.B., A. Nnurun., C.C. Mbah., A.A. Attama, & R. Manek. 2010. The Physicochemical and Binder Properties of Starch from *Persea Americana* Miller (*Lauraceae*). *Starch/Starke*, 62(2): 309-320
- Pratomo, H. & E. Rohaeti. 2011. Bioplastik Nata De Cassava sebagai Bahan *Edible Film* Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 16(2): 172-190
- Purwanti, A. 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*, 3(2): 99-106
- Queiroz, C., M.L.M. Lopes., E. Fialho, & V.L.V. Mesquita. 2008. *Polyphenol Oxidase*: Characteristics and Mechanisms of Browning Control. *Food Reviews International*, 24(3): 361-375
- Setiani, W., T. Sudiarti, & L. Rahmidar. 2013. Preparasi dan Karakterisasi *Edible Film* dari *Poliblend* Pati Sukun- Kitosan. *Valensi*, 3(2): 100-109
- Sofia, A., A.T. Prasetya, & E. Kusumastuti. 2017. Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning Kitosan dengan *Plasticizer* dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2): 110-116
- Utami, M.R., Latifah, & N. Widiarti. 2014. Sintesis Plastik *Biodegradable* dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan *Plasticizer* Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2): 163-167
- Widyaningsih, S., D. Kartika, & Y.T. Nurhayati. 2012. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat terhadap Karakteristik dan Sifat *Biodegradasi Film* dari Pati Kulit Pisang. *Molekul*, 7(1): 69-81
- Winarti, S. & Y. Purnomo. 2006. *Olahan Biji Buah*. Surabaya: Trubus Agrisarana