

PENGARUH PENAMBAHAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI PATI UBI NAGARA (*Ipomoea batatas L.*)

Effects of Carboxymethyl Cellulose Addition on The Characteristics of Bioplastic from Nagara Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas L.*) Starch

Erni Puryati Ningsih¹, Dahlena Ariyani¹, Sunardi^{1,2*}

¹*Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Science, Lambung Mangkurat University Banjarbaru 70714 Indonesia*

²*Wetland-Based Materials Research Group, Lambung Mangkurat University, Banjarbaru 70714, Indonesia*

**Corresponding author, e-mail: sunardi@ulm.ac.id; masunardi@gmail.com*

Received: May 2019 Published: Jul. 2019

ABSTRACT

Synthesis and characterization of bioplastics from Nagara sweet potatoes (*Ipomoea batatas L.*) starch with carboxymethyl cellulose (CMC) as a filler has been conducted. The purpose of this study was to evaluate the effects of CMC addition on the characteristic of bioplastics from Nagara sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) starch. Bioplastic synthesis was carried out by the melt intercalation method with variations in the amount of CMC 0-30% (w/w). Bioplastics were analyzed using FTIR spectrophotometer, thickness, solubility, water resistance, water vapor transmission rate, tensile strength and elongation. The values of the tensile strength of the bioplastic produced increases with increasing of CMC. The results also showed that the optimum CMC concentration in bioplastics production is 9% (w/w) with a tensile strength value 0.5281 N/mm².

Key words: *Bioplastic, starch, nagara sweet potato, carboxymethyl cellulose, filler*

PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan lingkungan di dunia pada umumnya dan di Indonesia khususnya adalah limbah plastik. Kebutuhan plastik sebagai kantong plastik, kemasan pangan atau barang semakin lama semakin meningkat. Ini dikarenakan plastik mempunyai keunggulan dibandingkan dengan kemasan seperti logam atau gelas, yaitu jauh lebih ringan, harga lebih murah, kemudahan dalam proses pembuatan dan aplikasinya, dan tidak mudah pecah (Marbun, 2012). Selain Tiongkok, Indonesia adalah negara pembuang sampah plastik terbesar ke laut. Sampah plastik yang dibuang sembarangan dapat menyumbat saluran air dan bahkan menumpuk di pintu-pintu sungai sehingga mengakibatkan banjir. Plastik yang ditimbun di tanah juga sulit terdegradasi. Polimer sintesis merupakan bagian utama dari plastik akan terdegradasi dalam waktu puluhan bahkan ratusan tahun. Jika dibakar, plastik akan menghasilkan emisi karbon yang mencemari (Gironi dan Piemonte, 2011).

Salah satu solusi pemecahan masalah ini adalah dengan mengganti bahan dasar plastik

konvensional tersebut menjadi bahan yang mudah diuraikan oleh bakteri pengurai, yang disebut dengan plastik biodegradabel (bioplastik). Keuntungan dari bioplastik ini sangat jelas, yaitu mengurangi limbah plastik yang semakin lama jumlahnya semakin bertambah. Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Avella, 2009). Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan membuat bioplastik adalah pati. Pati menjadi material yang menjanjikan untuk bahan plastik karena sifatnya yang universal, dapat diperbaharui, dan harga terjangkau (Ma dkk., 2009).

Komponen bioplastik berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui dan mengandung pati atau selulosa. Penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik dikarenakan pati mudah didegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Hingga saat ini telah banyak pengembangan bioplastik dari bahan-bahan alam yang telah dilakukan, misalnya dari umbi-umbian (Septiosari, 2014). Salah satu solusi alternatif yaitu melalui pengembangan plastik biodegradabel, dengan menggunakan pati

termoplastis (Saputra dkk., 2015). Ada dua bahan baku utama yang dapat dipakai dalam pembuatan plastik biodegradabel, yakni produk dari hewani (kitosan) dan produk tanaman (pati dan selulosa).

Bahan baku yang mengandung pati banyak terkandung pada tanaman-tanaman seperti umbi-umbian yang melimpah di Indonesia. Salah satunya umbi-umbian ini adalah ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L) yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan plastik biodegradabel karena memiliki sumber pati yang melimpah. Menurut Darni dan Utami (2010), kelemahan bioplastik berbahan baku pati adalah tidak tahan air (hidrofilik). Penambahan bahan yang bersifat hidrofobik seperti selulosa, kitosan, dan protein dapat dilakukan untuk memperbaiki kelemahan ini. Setiani dkk. (2013) menyatakan penambahan kitosan bertujuan meningkatkan sifat mekanik pati. Penambahan selulosa pada pembuatan plastik biodegradabel dapat menambah sifat fisik dan mekanik pada plastik biodegradabel (Susanti, 2009). Salah satu produk turunan dari selulosa adalah karboksimetil selulosa atau yang biasa dikenal dengan CMC (Carboxymethyl Cellulose). CMC banyak digunakan dalam industri farmasi, detergen, tekstil, kosmetik, dan industri pangan, sedangkan pada bahan pangan CMC berfungsi sebagai pengental, penstabil emulsi dan bahan pengikat (Nur dkk., 2016).

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, sampai saat ini penelitian mengenai sintesis bioplastik pati ubi Nagara dengan penambahan CMC ini belum pernah dilakukan. Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh penambahan CMC terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi Nagara yang meliputi analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer infra merah, daya serap dan uji ketahanan terhadap uap air, serta sifat mekanik.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah hot plate stirrer (Stuart), neraca analitik (OHAUS), gelas ukur (pyrex), pengaduk kaca, thermometer raksa (LOTUS), cawan petri (pyrex), gelas piala (Schott duran), spatula besi, Universal Testing Machine (AND MCT-2150), Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (Shimadzu Prestige 21), oven (Mommert), cawan

porselin (Haldenwanger), desikator (Duran) dan micrometer (TOKI). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati ubi Nagara, carboxymethyl cellulose (CMC), gliserol, dan akuades.

Prosedur kerja

Proses pembuatan bioplastik

Gliserol dan Na-CMC dicampurkan dalam beberapa variasi komposisi dalam 100 ml akuades. Campuran dimasukkan ke dalam gelas piala dan diaduk menggunakan stirrer selama 50 menit, kemudian ditambahkan pati ubi Nagara sebanyak 5 gram, lalu dipanaskan pada suhu 80-90 °C dan dilakukan pengadukan menggunakan stirrer dengan waktu 40 menit. Campuran didiamkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pencetakan selama 5 menit untuk menghindari adanya gelembung-gelembung pada plastik. Campuran yang telah diaduk dituangkan pada cetakan cawan petri lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 55 °C selama 5-6 jam. Bioplastik yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer infra merah, uji ketebalan menggunakan mikrometer sekrup, analisis daya serap, ketahanan, laju transmisi uap air serta kekuatan mekaniknya. Variasi komposisi CMC pembuatan bioplastik secara detail ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi komposisi CMC pembuatan bioplastik

Komposisi	Pati	Gliserol	CMC
1	5 gram	30%	0%
2	5 gram	30%	3%
3	5 gram	30%	6%
4	5 gram	30%	9%
5	5 gram	30%	12%

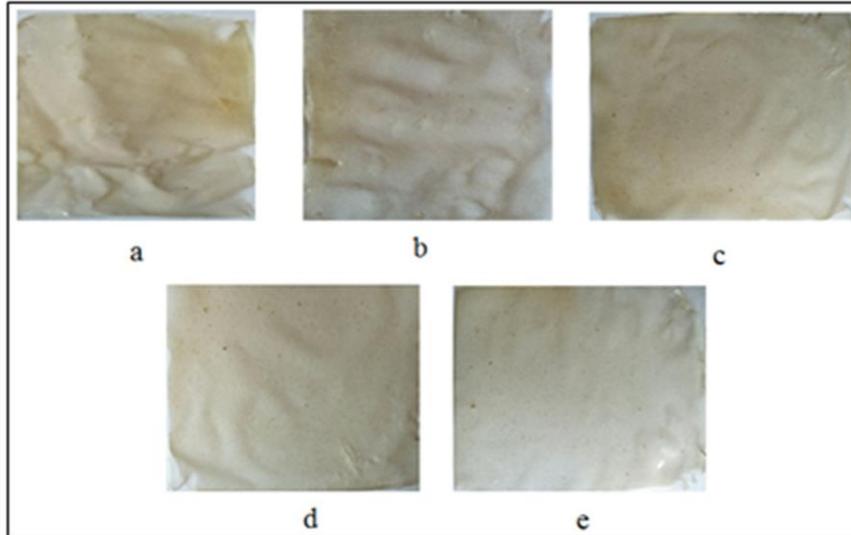
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Bioplastik

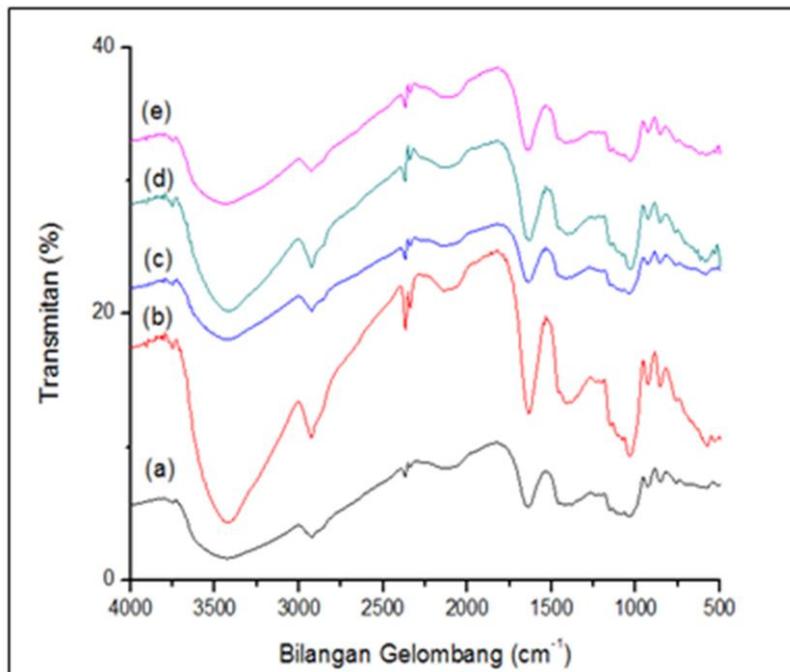
Pembuatan bioplastik dalam penelitian ini menggunakan metode melt intercalation. Menurut Aripin dkk. (2017), metode melt intercalation merupakan teknik inversi fasa dengan penguapan pelarut setelah proses pencetakan yang dilakukan pada plat kaca. Melt intercalation merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah.

Metode melt intercalation biokomposit bertujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material Aripin dkk. (2017).

dan mekanik bioplastik yang dihasilkan. Pembuatan bioplastik divariasikan dengan jumlah filler 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% CMC (b/b) dari pati yang dipergunakan.



Gambar 1. Penampakan fisik bioplastik dengan variasi penambahan: a) 0% CMC; b) 3% CMC; c) 6% CMC; d) 9% CMC; e) 12% CMC



Gambar 2. Spektrum FT-IR plastik biodegradabel dengan penambahan: a) 0% CMC; b) 3% CMC; c) 6% CMC; d) 9%

Pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi CMC bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CMC terhadap sifat fisik

Konsentrasi gliserol yang digunakan adalah sebesar 30% (b/b) dari berat matriks pati ubi Nagara. Penampakan fisik bioplastik tanpa

penambahan CMC memiliki warna coklat transparan sedangkan penambahan konsentrasi CMC menghasilkan bioplastik yang semakin transparan dan semakin elastis. Bioplastik yang transparan ini ditimbulkan oleh penambahan CMC yang merupakan serbuk mudah larut dalam air sehingga penambahan CMC dengan konsentrasi yang berbeda akan menghasilkan bioplastik dengan penampakan fisik yang berbeda pula. Gambar 1 menunjukkan foto hasil bioplastik dengan variasi CMC 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%.

tunggal. Daerah serapan pada bilangan gelombang 1635 cm^{-1} merupakan karakteristik dari gugus fungsi -C=O yang berasal dari CMC. Pita serapan pada 2920 cm^{-1} merupakan karakteristik dari gugus C-H. Ikatan C-H ini berasal dari pati, CMC, dan juga gliserol yang digunakan dalam penelitian ini. Pita serapan pada bilangan gelombang 3420 cm^{-1} merupakan karakteristik gugus fungsi O-H yang menunjukkan adanya ikatan hidrogen.

Tabel 2. Hasil analisis FTIR terhadap gugus utama bioplastik dan perbandingannya

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Bioplastik (cm^{-1})						
	(Saputro dkk, 2017)	(Agustin dkk, 2016)	0% (b/b) CMC	3% (b/b) CMC	6% (b/b) CMC	9% (b/b) CMC	12% (b/b) CMC
OH str. (Pati, gliserol, CMC)	3427,51	3382 3286 3426 2929	3425,58	3425,58	3425,58	3425,58	3448,72
C-H str. (Pati, gliserol, CMC)	2881,65	2880 2922	2924,09	2924,09	2924,09	2924,09	2924,09
C=O (CMC)	-	-	1635,64	1635,64	1635,64	1635,64	1635,64
C-O, C-C str. (Pati)	1026,13 894,97	-	1041,56	1033,85	1041,56	1026,13	1033,85

Karakterisasi

Analisis FTIR

Uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) dilakukan untuk menentukan perubahan gugus fungsi pada bioplastik yang dihasilkan. Identifikasi gugus fungsi dalam sampel berdasarkan posisi pita serapan dalam spektrum yang disajikan dalam Gambar 2.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2 spektrum FTIR bioplastik tanpa penambahan CMC dan bioplastik dengan penambahan CMC memiliki daerah serapan yang tidak jauh berbeda. Serapan utama yang terdapat pada bioplastik ini terdapat pada bilangan gelombang sekitar 1030 cm^{-1} , 1635 cm^{-1} , 2920 cm^{-1} , dan 3420 cm^{-1} . Daerah area sidik jari spektrum terdapat pada serapan panjang gelombang $1030 - 500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus spektrum regangan C-O dari ikatan C-O-C. Menurut Wang dkk. (2009), ikatan C-O-C berasal dari cincin anhydroglucose starch. Daerah sidik jari dari spektrum IR ini mengandung sejumlah besar puncak serapan untuk berbagai macam ikatan

Gugus OH ini berasal dari unit glukosa, gliserol, dan CMC sedangkan ikatan hidrogen terjadi ketika sebuah molekul atom O yang terdapat pada CMC berinteraksi dengan atom H dari amilosa dan amilopektin. Interaksi hidrogen juga dapat terjadi antar amilosa maupun amilosa dengan amilopektin (Setiawan dkk., 2015).

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa spektrum bioplastik tanpa penambahan CMC dibandingkan dengan penambahan CMC menunjukkan adanya perbedaan serapan pada bilangan gelombang tertentu. Gambar 2 menunjukkan hasil FTIR bioplastik tanpa CMC terlihat adanya serapan gugus OH dalam intensitas yang kecil. Setelah ditambahkan CMC intensitas serapan bilangan gelombang menjadi semakin lebar. Hasil analisis FTIR terhadap gugus utama bioplastik dan perbandingannya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa bioplastik dari pati ubi Nagara dengan CMC sebagai filler memiliki gugus fungsi utama O-H, C-H, -C=O , dan C-O. Hal ini sesuai dengan penelitian

Saputro dkk. (2017), bahwa gugus fungsi utama bioplastik dari pati ganyong dengan filler kitosan berupa O-H, C-H, dan C-O. Pada penelitian Agustin dkk. (2016) dihasilkan gugus fungsi utama bioplastik dari kitosan-pati kulit pisang kepok dengan penambahan zat aditif berupa O-H, dan C-H. Dari hasil spektrum bilangan gelombang tidak terjadi pergeseran yang signifikan. Pergeseran bilangan gelombang puncak terjadi pada serapan gugus OH dari $3425,58\text{ cm}^{-1}$ menjadi $3448,72\text{ cm}^{-1}$, serapan gugus C-O dari $1041,56\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1033,85\text{ cm}^{-1}$ dan $1026,13\text{ cm}^{-1}$. Pergeseran bilangan gelombang ini menunjukkan terjadinya perubahan tingkat energi. Pada gugus fungsi O-H energi yang dihasilkan semakin tinggi sehingga terjadi peningkatan bilangan gelombang, sedangkan pada gugus fungsi C-O, C-C energi yang dihasilkan semakin rendah sehingga terjadi penurunan bilangan gelombang. Hal ini sesuai dengan rumus energi berbanding lurus dengan panjang gelombangnya. Semakin rendah energi yang dihasilkan semakin stabil suatu molekul. Pada spektrum bilangan gelombang tidak ditemukan adanya puncak gugus fungsi baru yang muncul. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik yang terbentuk merupakan hasil pencampuran secara fisik (Saputro dkk., 2017).

Analisis ketebalan bioplastik

Bioplastik yang dihasilkan diukur ketebalannya dengan menggunakan mikrometer sekrup. Pengukuran dilakukan pada lima tempat yang berbeda untuk mendapatkan ketebalan rata-rata. Hasil analisis ketebalan yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil ketebalan bioplastik dengan CMC sebagai *filler*

CMC (%)	Ketebalan (mm)
0	0,130
3	0,157
6	0,160
9	0,166
12	0,169

Tabel 3 menunjukkan bahwa ketebalan bioplastik yang semakin meningkat seiring dengan penambahan CMC. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurindra dkk. (2015) yang memperoleh nilai ketebalan

bioplastik dari pati propagul mangrove lindur yang semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi CMC hingga 1,2%. Penelitian Budiman (2017) juga menunjukkan nilai ketebalan bioplastik yang semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi pati buah lindur hingga 2%. Peningkatan ketebalan pada penelitian ini disebabkan karena semakin banyak total padatan yang terdapat pada larutan maka semakin tebal pula film (Handayani, 2010). Menurunnya ketebalan dipengaruhi oleh banyaknya padatan terlarut, luas permukaan, distribusi padatan terlarut, dan proses pencetakan. Ketebalan yang paling besar pada penelitian ini sebesar 0,169 mm pada penambahan CMC 12% (b/b). Nilai ketebalan yang diperoleh tersebut sudah tergolong baik karena berada di bawah standar maksimal ketebalan bioplastik menurut Japanese Industrial Standart yaitu 0,25 mm (JIS, 1975).

Analisis daya serap air bioplastik

Uji daya serap air bioplastik dilakukan untuk mengetahui mudah atau tidaknya bioplastik dalam menyerap air. Bioplastik yang baik ialah bioplastik yang sukar dalam menyerap air yang dicirikan dengan memiliki nilai daya serap air yang semakin rendah. Hasil analisis daya serap air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil daya serap air bioplastik dengan CMC sebagai *filler*

CMC (%)	Daya Serap Air (%)
0	36,364
3	41,270
6	46,341
9	51,724
12	56,604

Tabel 4 menunjukkan hasil daya serap air bioplastik pada penelitian ini mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi CMC. Peningkatan ini diperoleh akibat adanya air yang berdifusi ke film bioplastik. Pada penelitian ini digunakan CMC sebagai filler yang bersifat hidrofilik, maka semakin besar komposisi CMC yang ditambahkan semakin tinggi pula tingkat daya serap air bioplastik. Hal ini juga dijelaskan pada penelitian Siswanti (2008) menyatakan bahwa peningkatan jumlah komponen yang bersifat

hidrofilik diduga menyebabkan peningkatan persentase daya serap air bioplastik. Pada penelitian ini digunakan komposisi bioplastik dari pati, gliserol, dan CMC. Ketiga bahan ini bersifat hidrofilik sehingga mampu mengikat air dan dapat membentuk ikatan hidrogen. Nilai daya serap air terbaik pada penelitian ini sebesar 36,364% pada konsentrasi 0% CMC (b/b).

Analisis ketahanan air bioplastik

Analisis ketahanan air dilakukan untuk mengetahui terjadinya ikatan dalam polimer serta tingkatan atau keteraturan ikatan dalam polimer yang ditentukan melalui persentase penambahan berat polimer setelah terjadi penyerapan air. Sifat ketahanan bioplastik terhadap air ditentukan dengan uji swelling, yaitu persentase pengembangan bioplastik oleh adanya air, semakin rendah nilai penyerapan air maka sifat bioplastik akan semakin baik sedangkan semakin tinggi penyerapan air maka sifat bioplastik akan mudah rusak (Coniwanti dkk., 2014). Hasil analisis ketahanan air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji ketahanan air bioplastik dengan CMC sebagai *filler*

CMC (%)	Ketahanan Air (%)
0	63,206
3	50,086
6	54,486
9	44,023
12	32,458

Tabel 5 menunjukkan ketahanan air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi CMC. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rifaldi dkk. (2017) yang memperoleh nilai ketahanan air yang semakin rendah seiring dengan bertambahnya konsentrasi gliserol dan *filler clay*. Dari hasil yang didapatkan ketahanan tertinggi sebesar 63,206% dengan konsentrasi 0% CMC (b/b). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan CMC berpengaruh terhadap penyerapan air. Semakin banyak CMC yang ditambahkan membuat film mudah untuk menyerap air dan menyebabkan ketahanan airnya semakin rendah. CMC yang bersifat hidrofilik ini membuat air mudah masuk ke dalam matriks bioplastik dan menyebabkan bioplastik mudah

rusak atau rapuh. Nilai ketahanan air terbaik pada penelitian ini sebesar 63,206% pada konsentrasi 0% CMC (b/b).

Analisis laju transmisi uap air

Uji laju transmisi uap air adalah salah satu uji yang menyatakan jumlah uap air yang dapat melewati lapisan film bioplastik. Laju transmisi uap air didapatkan dari selisih berat bioplastik dibagi luas permukaan per harinya. Hasil analisis transmisi uap air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan hasil laju transmisi uap air yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini cenderung mengalami penurunan. Jika dibandingkan dengan penelitian Nurindra dkk. (2015) yang melakukan variasi konsentrasi 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1%, dan 1,2% CMC (b/b) dari pati lindur didapatkan hasil nilai transmisi uap air semakin berkurang seiring dengan penambahan konsentrasi CMC hingga 1,2% CMC (b/b). Penelitian Agustin dkk. (2016) yang menunjukkan hasil laju transmisi uap air dari pati kulit pisang kepok mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi ZnO hingga 5%.

Tabel 6. Hasil uji transmisi uap air bioplastik dengan CMC sebagai *filler*

CMC (%)	Transmisi Uap Air (g/m ² /hari)
0	35,032
3	20,701
6	10,350
9	6,370
12	9,554

Penurunan nilai transmisi uap air terjadi karena CMC mempunyai resistansi yang lebih baik terhadap air jika dibandingkan dengan matriks pati, penambahan CMC memberikan penghalang bagi molekul air untuk lewat (Ma dkk., 2009). Bioplastik yang mempunyai konsentrasi selulosa dalam hal ini digunakan CMC cenderung memiliki nilai transmisi uap air yang cenderung kecil seiring dengan penambahan konsentrasi CMC. Hal tersebut dikarenakan CMC mempunyai gugus OH yang menghasilkan ikatan polimer-penguat yang menggantikan beberapa ikatan polimer-polimer dalam bioplastik. Gugus OH tersebut dapat mengabsorpsi dan mengikat air. Nilai transmisi

uap air terbaik pada penelitian ini sebesar 6,370 g/m²/hari pada penambahan konsentrasi CMC 9% (b/b). Nilai transmisi uap air ini sudah memenuhi Japanese Industrial Standart 2-1707 dimana nilai transmisi uap air maksimal adalah 7 g/m²/hari (JIS, 1975).

Pengujian sifat mekanik

Uji sifat mekanik bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi Nagara dengan penambahan CMC. Tensile strength adalah ukuran kekuatan film secara spesifik, merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus atau sobek (Krochta dan Johnston, 1997). Elongasi merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Pengujian sifat mekanik dilakukan dengan metode uji ASTM D638-02a-2002 untuk uji tarik dan metode uji IK-MT-30.71 untuk kuat ulur (elongasi). Hasil pengujian sifat mekanik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data hasil kuat tarik dan elongasi bioplastik

CMC (%)	Kuat Tarik (N/mm ²)	Elongasi (%)
0	0,2894	109,2
3	0,3574	111,0
6	0,3126	113,0
9	0,5281	114,7
12	0,4739	116,1

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik dan elongasi bioplastik cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi CMC. Tabel 7 menunjukkan bahwa kuat tarik yang dimiliki bioplastik pada penelitian ini umumnya cenderung mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan jumlah CMC yang ditambahkan. Penelitian Rifaldi dkk. (2017) tentang pembuatan bioplastik dari pati sagu memperoleh nilai kuat tarik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi *filler clay* hingga 12% (b/b). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan CMC membuat struktur molekul menjadi amorf. Pada struktur molekul amorf, rantai-rantai bercabang namun tidak tersusun secara rapat sehingga jarak antar molekul menjadi lebih jauh dan kekuatan ikatan molekul menjadi melemah. Lemahnya kekuatan ikatan molekul dalam film ini

menyebabkan semakin rendahnya gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan film tersebut (Devia, 2006). Kuat tarik terbaik pada penelitian ini adalah pada penambahan CMC 9% sebesar 0,5281 N/mm². Nilai kuat tarik ini telah memenuhi Japanese Industrial Standart dimana kuat tarik minimum adalah 0,35 N/mm² (JIS, 1975).

Tabel 7 menunjukkan nilai elongasi yang dimiliki bioplastik mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi CMC. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurindra dkk. (2015) yang memperoleh nilai elongasi dari pati lindur mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi CMC sampai 1,2% (b/b). Penelitian Yuniarti dkk. (2014) yang memperoleh nilai elongasi dari pati sagu mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi asam asetat sampai 5,6% (b/b). Peningkatan nilai elongasi ini dikarenakan CMC memiliki gel strength yang tinggi. Penggunaan CMC dalam jumlah yang lebih besar akan meningkatkan kemampuan mengikat air yang lebih baik sehingga matriks gel dapat meningkatkan persen pemanjangan dari film. Elongasi terbaik pada penelitian ini adalah pada penambahan CMC 12% sebesar 116,1%.

KESIMPULAN

Penambahan CMC terhadap hasil sintesis bioplastik dari pati ubi nagara berpengaruh terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan, yaitu meningkatkan nilai ketebalan, daya serap air, kuat tarik, elongasi, dan menurunkan ketahanan, serta transmisi uap air. Berdasarkan data kuat tarik dan laju transmisi uap air yang diperoleh, penambahan konsentrasi CMC optimum adalah sebesar 9% CMC (b/b) dengan nilai kuat tarik tertinggi dan transmisi uap air terendah sebesar 0,5281 N/mm² dan 6,370 g/m²/hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Biomaterial Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y.E., Padmawijaya, K.S., 2016, Sintesis Bioplastik dari Kitosan Pati-Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif, *J. Teknik Kimia*, 10(2), 40-48.
- Aripin, S., Saing, B., Kustiyah, E., 2017, Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation, *J. Teknik Mesin*, 6(2), 18-23.
- Avella, M., Buarovska, A., Errico, M.E., Gentile, G., Grozdno, A., 2009, Eco-Challenges of Bio-Based Polymer Composites, *Materials*, 2, 911-925.
- Budiman, J., 2017, Karakteristik Bioplastik dari Pati Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*). *Skripsi*, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Coniwanti, P., Laila, L., Alfira, M.R., 2014, Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol, *J. Teknik Kimia*, 4(20), 22-30.
- Darni, Y., Utami, H., 2010, Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *J. Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(4), 88-93.
- Delvia, V., 2006, Kajian Pengaruh Penambahan Dietilen Glikol sebagai Pemplastis pada Karakteristik Bioplastik dari Poli-B-Hidroksialkanoat (PHA) yang dihasilkan *Ralstonia Eutropha* pada Substrat Hidrolisat Pati Sagu, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Gironi, F., Piemonte, V., 2011, Bioplastic and Petroleum-based Plastics: Strengths and Weaknesses, *Energy Source*, 33, 1949-1959.
- Handayani, A., 2010, Pembuatan dan Karakterisasi Film Biodegradable dari Kitosan/PLA (Polylactid Acid) dengan Pemplastis Polietilen Glikol (PEG), *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Japanese Industrial Standard 2-1707, 1975, Japanese Standard Association, Japan
- Krochta, J.M., Johnston, M., 1997, Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities, *J. Food Tech.*, 51(2), 61-74.
- Ma, X., Chang, P.R., Yang, J., Yu, J., 2009, Preparation and Properties of Glycerol Plasticized-Pea Starch/Zinc Oxide Bionanocomposite, *Biores. Tech.*, 100(11), 2832-41.
- Marbun, E.S., 2012, Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Nur, R., Tamrin, Muzzakar, Z., 2016, Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Selulosa Jerami Padi, *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3), 222-231.
- Nurindra, A.P., Alamjsh, M.A., Sudarno, 2015, Karakterisasi Edible Film dari Pati Propagul Mangrove Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan Penambahan CMC Carboxymethyl Cellulose (CMC) sebagai Pemplastis, *J. Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(2), 125-132.
- Rifaldi, A., Irdoni, H.S., Bahruddin, 2017, Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan *Filler Clay* dan Plasticizer Gliserol, *J. Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 4(1), 1-7.
- Saputra, A., Lutfi, M., Masrurroh, E., 2015, Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Ubi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*), *J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(1), 1-6.
- Saputro, A.N.C., Ovita, L., 2017, Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*). *J. Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13-21.
- Septiosari, A., Latifah, L., Kusumastuti, E., 2014, Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol, *Indo. J. Chem. Sci.*, 3(2), 157-162.
- Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L., 2013, Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-kitosan, *Valensi*, 3(2), 100-109.
- Setiawan, H., Faizal, R., Amrullah, A., 2015, Penentuan Kondisi Optimum Modifikasi Konsentrasi Plasticizer Sorbitol PVA Pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Kitosan Limbah Kulit Udang. *J. Sains dan Teknologi*, 13(1), 29-38.

- Siswanti, 2008, Karakterisasi Edible Film dari Tepung Komposit Glukomanan Umbi Iles-Iles (*Amorphopallus Muelleri Blume*) dan Tepung Maizena, *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Susanti, Jasruddin, Subaer, 2009, Sintesis Komposit Bioplastik Berbahan Dasar Tepung Tapioka dengan Penguat Serat Bambu, *J. Sains dan Pendidikan Fisika*, 11(2), 179-184.
- Yuniarti, L.I., Hutomo, G.S., Rahim A., 2014, Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon* sp). *Agrotekbis*, 2(1), 38-46.
- Wang, N., Zhang, X., Han, N., Bai, S., 2009. Effect of Citric Acid and Processing on The Performance of Thermoplastic Strach/Montmorillonite Nanocomposites. *Carbohydrate Polym*, 76(1), 68-73.