

Karakteristik *Edible Film* Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Fosfat dengan Penambahan Gliserol

Characteristics of Edible Film from Native and Phosphate Sago Starches with the Addition of Glycerol

Devidson Wattimena, La Ega, Febby Jeanry Polnaya

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233, Indonesia
Email: febbyjpolnaya@yahoo.com

Submisi: 9 Februari 2015; Penerimaan: 11 September 2015

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penambahan beberapa konsentrasi gliserol pada pembuatan *edible film* dari pati sagu alami dan pati sagu fosfat terhadap sifat fisik, mekanik dan *barrier film*. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap yang terdiri dari dua faktor yaitu perlakuan jenis pati sagu dengan dua taraf perlakuan yaitu: pati sagu alami dan pati sagu fosfat dan tiga taraf konsentrasi gliserol yaitu: 0,5, 1,0 dan 1,5 % (b/b). Peubah yang diamati adalah *tensile strength*, elongasi, daya larut, transparansi, dan laju transmisi uap air. Karakteristik *edible film* yang dihasilkan meliputi *tensile strength* adalah 3,05 - 31,49 MPa, elongasi 3,03 - 20,94 %, daya larut 33,44 - 42,43 %, transparansi 0,59 - 4,14 %, dan laju transmisi uap air 7,76 - 15,80 g/m².jam. Penambahan gliserol menyebabkan elongasi, daya larut, dan laju transmisi uap air meningkat, tetapi *tensile strength* dan transparansinya menurun. Perlakuan pati sagu fosfat hanya menyebabkan daya larut *film* meningkat, tetapi tidak untuk sifat-sifat *film* lainnya.

Kata kunci: *Edible film*; gliserol; pati sagu alami; pati sagu fosfat

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of the addition of several glycerol concentrations in the making of edible film from native and phosphate sago starch on physical, mechanical and barrier properties of the film. A completely randomized experimental design was applied in this study consisting of two factors of treatments, i.e.: native and phosphate sago starch, and the second factor was glycerol concentration with three levels of treatments, i.e.: 0.5, 1.0, and 1.5 % (w/w). The films were characterized for tensile strength, elongation, solubility, transparency, and water vapor transmission rate. Edible films have produced characteristics for *tensile strength* from 3.05 to 31.49 MPa, elongation from 3.03 to 20.94 %, solubility from 33.44 to 42.43 %, transparency from 0.59 to 4.14 %, and water vapour transmission rate from 7.76 to 15.80 g/m².h. Glycerol was found to affect the increase of elongation, solubility, and water vapour transmission rate, as well as the decrease of its tensile strength and transparency. The films made from sago starch phosphate showed to increase the solubility and to have significant effect compared with native sago starch, but not affecting the other properties.

Keywords: Edible film; glycerol; native sago starch; sago starch phosphate

PENDAHULUAN

Edible film adalah lapisan tipis kontinyu yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, diletakkan diantara komponen makanan atau yang berfungsi sebagai *barrier* terhadap transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, lipid dan zat terlarut), dan sebagai pembawa bahan makanan (McHugh dan Krochta, 1994a). Komponen utama penyusun *edible film* yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (Donhowe dan Fennema, 1994).

Penggunaan pati sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* didasarkan pada biaya yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain seperti protein maupun lipid, kelimpahan bahan, dapat dimakan (*edible*) dan sifat termoplastiknya (Mali dkk., 2005). Pati yang disyaratkan untuk dijadikan *edible film* adalah pati yang mengandung kadar amilosa cukup tinggi (30 %) (Bae dkk., 2008), dan beberapa peneliti menunjukkan bahwa kandungan amilosa pati sagu alami adalah berkisar antara 27 sampai dengan 33 % (Polnaya dkk., 2012a; Polnaya dkk., 2008; Sugiyono dkk., 2008). Kelebihan menggunakan pati sebagai bahan utama *edible film* adalah *film* yang dihasilkan memiliki struktur yang kompak dan kelarutannya yang rendah (McHugh dan Krochta, 1994a), tetapi sifat *film* yang dihasilkan adalah rapuh (Mali dkk., 2005). Oleh karena itu, untuk menghasilkan sifat-sifat *edible film* yang lebih baik, pati sagu dapat dicampur dengan bahan lain atau memodifikasinya.

Pati termodifikasi adalah pati hasil modifikasi kimiawi, fisik maupun enzimatik yang dalam batas tertentu aman dipergunakan sebagai bahan tambahan pangan maupun non pangan. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan mereaksikan pati dengan sejumlah reagen modifikasi, sehingga terjadi perubahan pada gugus hidroksilnya, sehingga dapat memperbaiki sifat-sifat pati dan sekaligus memperbaiki sifat *edible film* yang dihasilkannya (Polnaya dkk., 2012b). Salah satu modifikasi yang umumnya dilakukan adalah pati fosfat (Lim dan Seib, 1993; Muhammad dkk., 2000) dan pati sagu juga telah difosforilasi (Polnaya dkk., 2012a) dengan tujuannya untuk memperbaiki sifat-sifatnya. Pati sagu fosfat dapat dihasilkan dengan mereaksikannya menggunakan reagen modifikasi natrium tripolifosfat (STPP) untuk menghasilkan *monostarch phosphate* (Lim dan Seib, 1993; Muhammad dkk., 2000; Polnaya dkk., 2012b). Gugus hidroksil pati sagu akan disubstitusikan oleh gugus fosfat yang berasal dari reagen modifikasinya. Seperti yang dikemukakan oleh Elliasson dan Gudmundsonn (1996), bahwa pati fosfat dapat meningkatkan stabilitas dan memperbaiki tekstur pada *edible film* dibandingkan dengan *edible film* dari pati alami.

Plasticizer ditambahkan pada pembuatan *edible film* untuk mengatasi sifat rapuh, mudah patah, dan rendahnya elastisitas (Krochta dan De Mulder-Johnston, 1997).

Plasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah gliserol. *Plasticizer* memiliki volatilitas yang rendah, apabila ditambahkan akan memberikan sifat fleksibilitas dan elastisitas rantai polimer pada *edible film* yang dihasilkan (McHugh dan Krochta, 1994b).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh penambahan beberapa konsentrasi gliserol pada pembuatan *edible film* dari pati sagu alami dan pati sagu fosfat terhadap sifat fisik, mekanik dan *barrier film*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan penelitian terdiri atas pati sagu alami (kadar air 12,95 %) dan pati sagu fosfat (kadar air 12,90 %). Pati sagu alami merupakan hasil ekstraksi petani lokal di Pulau Ambon yang selanjutnya dibersihkan lanjut di laboratorium. Pati sagu fosfat merupakan hasil fosforilasi pati sagu alami menggunakan *reagen* modifikasi STPP dengan nilai DS 0,061. Kedua bahan penelitian tersebut merupakan hasil penelitian sebelumnya. Bahan kimia yang digunakan berasal dari *Merck* meliputi $C_3H_8O_3$, NaCl, K_2CO_3 , dan NaN_3 .

Prosedur Penelitian

Proses pembuatan *edible film* mengikuti metode Parra dkk. (2004). Pati sagu alami atau pati sagu fosfat (3 % b/v) dicampur dengan akuades 80 mL. Selanjutnya larutan diaduk selama 1 menit pada suhu kamar, kemudian dipanaskan (70 °C, 15 menit) sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah 15 menit, gliserol ditambahkan dengan konsentrasi 0,5, 1,0 dan 1,5 % (b/b), dan akuades sampai mencapai 100 mL. Pemanasan dilanjutkan dengan pengadukan (70 °C, 15 menit). Setelah selesai, larutan dipindahkan ke plat cetakan dengan ukuran 25 × 17 cm. Larutan *film* tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 40 °C, selama 14 jam. Sebelum dilakukan analisis, *film* disimpan dalam wadah dengan kelembaban relatif 50 % dan pada suhu kamar (Ozdemir dan Floros, 2008).

Pengujian Sifat Mekanik Edible Film

Ketebalan *film* (mm) diukur menggunakan mikrometer IP-65 (Mitutoyo, JP) (Kim dkk., 2002). *Film* ditempatkan di antara rahang mikrometer dan ketebalan diukur pada tiga tempat yang berbeda, untuk masing-masing bentuk sampel (lingkaran dan dimensi I), kemudian dihitung reratanya.

Tensile strength dan elongasi diukur dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (Zwick Z.05 *Texture Analyzer*), sesuai yang dikemukakan oleh Xu dkk. (2005). Sampel *film* dipotong berbentuk dimensi I, dengan lebar *film* 5 mm dan ketebalan ditentukan berdasarkan rerata

pengukuran pada tiga tempat yang berbeda.

Pengujian Sifat Fisik Edible Film

Daya larut menunjukkan persentase berat kering terlarut setelah dicelupkan dalam air (24 jam), sesuai dikemukakan oleh Gontard dkk. (1992). Sampel *film* dipotong dengan ukuran 2 × 2 cm. Sampel kertas saring dikeringkan pada suhu 105 °C, selama 24 jam. Kertas saring dan sampel ditimbang secara terpisah yang kemudian tentukan sebagai berat awal (W_1). Sampel dimasukkan ke dalam 50 mL air yang mengandung larutan *sodium azide* 0,02 % dan direndam selama 24 jam, sambil diaduk secara periodik. Kemudian penyaringan dilakukan dengan kertas saring dan *film* yang tidak larut dikeringkan (suhu 105 °C, selama 24 jam). Setelah itu, sampel ditimbang (W_2) untuk menentukan bahan kering yang tidak larut dalam air.

$$\% \text{Kelarutan} = ((w_1 - w_2) / w_1) \times 100 \% \quad (1)$$

Transparansi *film* diukur menggunakan spektrofotometer (UV-Vis 1601) pada panjang gelombang (λ) 550 nm, sesuai dikemukakan oleh Bao dkk. (2009), yaitu *film* yang telah diketahui ketebalannya (x mm) dipotong secukupnya kemudian dimasukkan ke dalam sel uji. Perhitungan transparansi *film* dihitung berdasarkan persamaan:

$$T = A_{550} / X \quad (2)$$

Keterangan: T = transparansi; A_{550} = absorbansi pada λ_{550} ; X = ketebalan *film*

Pengujian Sifat Barrier Edible Film

WVTR (g H₂O/m².jam) ditentukan secara gravimetri dengan memodifikasi metode yang digunakan oleh Xu dkk. (2005). Sampel *film* yang akan diuji ditutup pada cawan berisi 10 g *silica gel* (RH = 0 %), ditempatkan dalam desikator yang

berisi larutan garam NaCl 40 % (b/v) (RH = 75 %) pada suhu 25 °C. Diameter mangkuk bagian dalam adalah 75 mm dan tinggi 280 mm. Uap air yang terdifusi melalui *film* akan diserap oleh *silica gel* sehingga akan menambah berat *silica gel* tersebut. Berat cawan dicatat setiap jam, selama 7 jam. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier, dan ditentukan *slope*-nya. WVTR ditentukan dengan persamaan:

$$WVTR = \text{slope kenaikan berat cawan (g/jam)} / \text{luas permukaan film (m}^2\text{)} \quad (3)$$

Analisis Statistik

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga kali ulangan dan dianalisis menggunakan program Minitab 16. Jika perlakuan berpengaruh nyata atau sangat nyata, maka uji beda antara rata-rata perlakuan selanjutnya diuji dengan menggunakan uji Tukey ($\alpha_{0,05}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi perlakuan jenis pati sagu dan konsentrasi gliserol tidak berpengaruh secara nyata ($p \geq 0,05$) terhadap sifat-sifat mekanik, fisik, dan *barrier edible film*. Perlakuan faktor tunggal yaitu jenis pati sagu berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap peubah daya larut, sedangkan perlakuan konsentrasi gliserol berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap sifat-sifat mekanik, fisik dan *barrier edible film*. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gliserol berperan penting dalam mempengaruhi sifat-sifat *edible film* jika dibandingkan dengan perlakuan jenis pati sagu maupun interaksinya.

Perlakuan jenis pati sagu berpengaruh tidak nyata terhadap beberapa peubah yang diamati seperti *tensile strength*,

Tabel 1. Pengaruh perlakuan jenis pati (faktor tunggal) terhadap sifat-sifat mekanik, fisik, dan *barrier edible film*

Pati sagu	Sifat mekanik		Sifat fisik		Laju transmisi uap air (g/m ² .jam)
	<i>Tensile strength</i> (MPa)	Elongasi (%)	Daya larut (%)	Transparansi	
Alami	12,54	11,01	38,10 b	2,07	11,60
Fosfat	13,94	9,03	40,10 a	2,18	10,61

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tabel 2. Pengaruh perlakuan konsentrasi gliserol (faktor tunggal) terhadap sifat-sifat mekanik, fisik dan *barrier edible film*

Gliserol (% b/b)	Sifat mekanik		Sifat fisik		Laju transmisi uap air (g/m ² .jam)
	<i>Tensile strength</i> (MPa)	Elongasi (%)	Daya larut (%)	Transparansi	
0,5	28,23 a	3,55 c	35,42 b	3,68 a	7,79 c
1,0	7,91 b	8,98 b	39,96 a	1,98 b	10,64 b
1,5	3,59 b	17,55 a	41,92 a	0,71 c	14,87 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey ($\alpha = 0,05$).

elongasi, transparansi dan laju transmisi uap air, sehingga uji beda antar rerata (uji Tukey) tidak perlu dilakukan, tetapi tidak untuk peubah daya larut. Hal ini mungkin karena gugus fosfat yang tersubstitusi belum mampu untuk mempengaruhi sifat-sifat tersebut. Perlakuan konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap peubah-peubah yang diamati karena tiap konsentrasi yang ditambahkan sudah mampu mempengaruhi sifat-sifat *film*.

Sifat-Sifat Mekanik *Edible Film*

Tensile strength merupakan daya renggang maksimum yang dapat diterima *film* sebelum putus. Hasil analisis *tensile strength edible film* berkisar antara 3,05 sampai dengan 31,49 MPa. Perlakuan pati sagu alami menunjukkan nilai rata-rata *tensile strength* adalah 12,54 MPa, sedangkan rata-rata perlakuan pati sagu fosfat adalah 13,94 MPa (Tabel 1). Berdasarkan uji Tukey untuk perlakuan konsentrasi gliserol 0,5 % menunjukkan nilai rata-rata *tensile strength* lebih tinggi dan berbeda nyata dengan kedua konsentrasi lainnya (Tabel 2).

Peningkatan konsentrasi gliserol menyebabkan penurunan *tensile strength edible film*. Hal ini karena gliserol dapat menurunkan interaksi antar molekul-molekul dan melemahkan daya renggang *edible film* yang dihasilkan sehingga akan diperoleh *film* yang elastis. Apabila gliserol yang ditambahkan terlalu sedikit maka *film* yang dihasilkan akan mudah mengalami keretakan/kurang elastis. Konsentrasi gliserol yang tinggi dapat menyebabkan *film* menjadi lunak dan lengket sehingga sukar dilepas dari cetakan. Krochta (1994) menyatakan bahwa, semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* maka makin kecil gaya stres yang dihasilkan sehingga semakin rendah nilai *tensile strength*.

Elongasi menunjukkan keadaan *film* putus setelah mengalami perubahan panjang dari ukuran yang sebenarnya pada saat mengalami perenggangan. Nilai elongasi *edible film* berdasarkan perlakuan jenis pati sagu dan konsentrasi gliserol berkisar antara 3,03 sampai dengan 20,94 %. Perlakuan pati sagu alami menunjukkan nilai rata-rata elongasi adalah 11,01 %, sedangkan rata-rata perlakuan pati sagu fosfat adalah 9,03 % (Tabel 1). Berdasarkan uji Tukey, masing-masing perlakuan konsentrasi gliserol 0,5 %, 1,0 %, dan 1,5 % menunjukkan nilai yang berbeda nyata (Tabel 2).

Peningkatan konsentrasi gliserol berpengaruh pada peningkatan elongasi *edible film*. Hal ini karena gliserol yang ditambahkan dalam larutan *film* dapat mengubah sifat pati yang telah mengalami gelatinisasi. Gliserol bersifat hidrofilik, mampu mengurangi sifat kerapuhan lapisan *edible film* yang terbentuk (Mali dkk., 2005), dan dapat meningkatkan fleksibilitas *film* (Brody, 2005), sehingga gaya intermolekular sepanjang rantai polimer diturunkan dengan memperlebar jarak antar rantai, dan elastisitas ditingkatkan dan mengatasi

sifat kerapuhan dari pati. Hasil yang relatif sama ditunjukkan oleh Katili dkk. (2013) pada pembuatan *edible film* dari kitosan. Menurutnya, *edible film* yang dihasilkan elastis karena adanya peningkatan jumlah gliserol, sehingga mobilitas antar rantai molekul meningkat dan persentasi pemanjangan pada *edible film* semakin meningkat. Seperti juga yang dikemukakan oleh Polnaya dkk. (2006) bahwa, penambahan gliserol ke dalam larutan *film* dapat menyebabkan matriks *film* menjadi kurang rapat, sehingga fleksibilitas *film* meningkat.

Sifat-Sifat Fisik *Edible Film*

Kelarutan *film* dalam air dinyatakan dalam persentase bagian *film* yang larut dalam air setelah perendaman selama 24 jam (Gontard dkk., 1992) dan merupakan faktor penting dalam menentukan biodegradabilitas *film*. Hasil analisis daya larut *edible film* berdasarkan perlakuan jenis pati sagu dan konsentrasi gliserol berkisar antara 33,44 sampai dengan 42,43 %. Perlakuan pati sagu fosfat menunjukkan nilai rata-rata daya larut lebih tinggi (40,10 %), dan berbeda nyata jika dibandingkan dengan rata-rata perlakuan pati sagu alami (38,10 %) (Tabel 1). Berdasarkan uji Tukey, perlakuan konsentrasi gliserol 0,5 % menunjukkan nilai rata-rata daya larut terendah dan berbeda nyata dengan kedua konsentrasi lainnya, tetapi untuk konsentrasi gliserol 1,0 % dan 1,5 % tidak berbeda nyata (Tabel 2).

Pati sagu fosfat menunjukkan nilai daya larut *edible film* lebih tinggi dibandingkan pati sagu alami. Hal ini karena dengan tersubstitusinya gugus fosfat pada gugus hidroksil pati akan meningkatkan kemampuan *film* untuk berikatan dengan air. Hal ini sejalan dengan pernyataan Lim dan Seib (1993) bahwa kelebihan dari pati fosfat yaitu akan meningkatkan kapasitas pengikatan air, kejernihan pasta, dan viskositas. Pati sagu fosfat memberikan nilai daya larut lebih tinggi dibandingkan pati sagu alami. Seperti yang dikemukakan Polnaya dkk. (2006) bahwa, gugus modifikasi cenderung mengakibatkan molekul pati dapat merenggang satu sama lain dan menurunkan kekuatan intermolekuler, dan dapat memfasilitasi akses air pada daerah amorf serta meningkatkan *hydrophilicity* pati.

Peningkatan konsentrasi gliserol berpengaruh pada meningkatnya daya larut *edible film*. Hal ini karena gliserol bersifat hidrofilik (Mali dkk., 2005) sehingga dengan meningkatnya konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada larutan *film*, maka akan menyebabkan lemahnya interaksi antar molekul-molekul pati, sehingga kerapuhan molekul menjadi berkurang dan terbentuk ruang bebas pada matriks *film* sehingga dapat meningkatkan kelarutan. Bukhori (2011) menunjukkan hasil yang relatif sama yaitu kelarutan *edible film* tepung jali meningkat seiring meningkatnya konsentrasi gliserol.

Transparansi menggambarkan tingkat kejernihan dari *film* yang dihasilkan. Hasil analisis transparansi *edible film* berdasarkan perlakuan jenis pati sagu dan konsentrasi gliserol berkisar antara 0,59 sampai dengan 4,14 %. Perlakuan pati sagu alami menunjukkan nilai rata-rata transparansi adalah 2,07 %, sedangkan rata-rata perlakuan pati sagu fosfat adalah 2,18 % (Tabel 1). Berdasarkan uji Tukey, masing-masing perlakuan konsentrasi gliserol 0,5 %, 1,0 %, dan 1,5 % menunjukkan nilai yang berbeda nyata (Tabel 2).

Transparansi cenderung menurun seiring dengan meningkatnya *plasticizer* artinya dengan semakin besar konsentrasi gliserol yang ditambahkan maka derajat transparansi (kejernihan) cenderung meningkat. Seperti yang dikemukakan Al-Hasan dan Norziah (2012) bahwa, dengan menurunnya nilai transparansi, derajat kejernihan *film* meningkat.

Sifat-Sifat Barrier Edible Film

Laju transmisi uap air merupakan jumlah uap air yang melalui suatu permukaan *film* persatuan luas persatuan waktu. Hasil analisis laju transmisi uap air *edible film* berdasarkan perlakuan jenis pati sagu dan konsentrasi gliserol berkisar antara 7,76 sampai dengan 15,80 g/m².jam. Perlakuan pati sagu alami menunjukkan nilai rata-rata laju transmisi uap air adalah 11,60 g/m².jam, sedangkan rata-rata perlakuan pati sagu fosfat adalah 10,61 g/m².jam (Tabel 1). Berdasarkan uji Tukey, masing-masing perlakuan konsentrasi gliserol 0,5 %, 1,0 %, dan 1,5 % menunjukkan nilai yang berbeda nyata (Tabel 2).

Laju transmisi uap air *edible film* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gliserol. Hal ini karena dengan meningkatnya konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada larutan *film*, maka akan menyebabkan lemahnya interaksi antar molekul-molekul pati sehingga kerapatan molekul menjadi berkurang dan terbentuk ruang bebas pada matriks *film* dan dapat memudahkan difusi uap air. Hasil yang sama juga dikemukakan oleh penelitian Tamaela dan Lewerissa (2008) pada *edible film* yang dihasilkan dari karaginan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Amaliya dan Putri (2014) bahwa, *plasticizer* yang bersifat hidrofilik mampu menurunkan tegangan antar molekul pada matriks *edible film* dan menyebabkan ruang antar molekul semakin besar sehingga uap air bisa menembus *edible film*. Selain itu, sifat hidrofilisitas gliserol juga meningkatkan laju transmisi uap air *film*. Nilai laju transmisi uap air menunjukkan seberapa tahan *edible* tersebut dapat menahan jumlah uap air dari dalam produk. Beberapa peneliti berpendapat bahwa, semakin rendah nilai laju transmisi uap air maka *edible film* tersebut akan semakin baik (Amaliya dan Putri, 2014; Harris, 1999), sehingga cocok digunakan untuk mengemas

produk yang mempunyai kelembaban yang tinggi. Nurdiana (2002) mengemukakan bahwa, *edible film* dapat menghambat sejumlah uap air yang dikeluarkan dari produk ke lingkungan sehingga produk tersebut tidak cepat kering.

KESIMPULAN

Penambahan gliserol menyebabkan sifat-sifat *edible film* meliputi elongasi, daya larut, dan laju transmisi uap air meningkat, tetapi *tensile strength* dan transparansinya menurun. Perlakuan pati sagu fosfat hanya menyebabkan daya larut *film* meningkat, tetapi tidak untuk sifat-sifat *film* lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hasan, A.A. dan Norziah, M.H. (2012). Starch gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids* **26**: 108-117.
- Amaliya, R.R. dan Putri, W.D.R. (2014). Karakterisasi *edible film* dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* **2**: 43-53.
- Bae, H.J., Cha, D.S., Whiteside, W.S. dan Park, H.J. (2008). Film and pharmaceutical hard capsule formation properties of mungbean, water chestnut and sweet potato starches. *Food Chemistry* **106**: 96-105.
- Bao, S., Xu, S. dan Wang, Z. (2009). Antioxidant activity and properties of gelatin films incorporated with tea polyphenol-loaded chitosan nanoparticles. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **89**: 2692-2700.
- Brody, A.L. (2005). Packaging. *Food Technology* **59**: 65-66.
- Bukhori, A. (2011). *Pengaruh Variasi Konsentrasi Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Tepung Jali (Cix lacryma-jobi L.)*. Skripsi. Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- Donhowe, I.G. dan Fennema, O.R. (1994). *Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods*. Academic Press Inc., London.
- Elliasson, A.C. dan Gudmundson, M. (1996). Starch: physicochemical and functional aspect. *Dalam: Carbohydrates in Food*. Marcell Dekker Inc., New York.
- Gontard, N., Guilbert, S. dan Cuq, J.L. (1992). Edible wheat gluten film: influence of the main process variables on film properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science* **58**: 206-211.

- Harris, H. (1999). *Kajian Teknik Formulasi terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Ubi Kayu, Aren dan Sagu untuk Pengemas Produk Pangan Semi Basah*. Disertasi. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Katili, S., Harsunu, B.T. dan Irawan, S. (2013). Pengaruh konsentrasi plasticizer gliserol dan komposisi khitosan dalam zat pelarut terhadap sifat fisik edible film dari khitosan. *Jurnal Teknologi* **6**: 29-38.
- Kim, K.W., Ko, C.J. dan Park, H.J. (2002). Mechanical properties, water vapor permeabilities and solubilities of highly carboxymethylated starch-based edible film. *Journal of Food Science* **67**: 218-222.
- Krochta, J.M. (1994). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Co., Inc., Pennsylvania.
- Krochta, J.M. dan De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer film: challenges and opportunities. *Food Technology* **51**: 61-74.
- Lim, S. dan Seib, P.A. (1993). Preparation and pasting properties of wheat and corn starch phosphates. *Cereal Chemistry* **70**: 137-144.
- Mali, S., Grossmann, M.V.E., Garcia, M.A., Martino, M.N. dan Zaritzky, N.E. (2005). Mechanical and thermal properties of yam starch films. *Food Hydrocolloids* **19**: 157-164.
- McHugh, T.H. dan Krochta, J.M. (1994a). Sorbitol- vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **42**: 841-845.
- McHugh, T.H. dan Krochta, J.M. (1994b). Milk protein based edible film and coatings. *Food Technology* **48**: 97-103.
- Muhammad, K., Hussin, F., Man, Y.C., Ghazali, H.M. dan Kennedy, J.F. (2000). Effect of pH on phosphorylation of sago starch. *Carbohydrate Polymers* **42**: 85-90.
- Nurdiana, D. (2002). *Karakteristik Edible Film dari Khitosan dengan Sorbitol sebagai Plasticizer*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ozdemir, M. dan Floros, J.D. (2008). Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. *Journal of Food Engineering* **84**: 116-123.
- Parra, D.F., Tadini, C.C., Ponce, P. dan Lugalo, A.B. (2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible film. *Carbohydrate Polymers* **58**: 475-481.
- Polnaya, F.J., Haryadi, dan Marseno, D.W. (2006). Karakterisasi *edible film* pati sagu alami dan termodifikasi. *Agritech* **26**: 179-185.
- Polnaya, F.J., Haryadi, Marseno, D.W. dan Cahyanto, M.N. (2012a). Preparation and properties of sago starch phosphates. *Sago Palm* **20**: 3-11.
- Polnaya, F.J., Talahatu, J., Haryadi, dan Marseno, D.W. (2012b). Properties of biodegradable films from hydroxypropyl sago starches. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* **5**: 183-192.
- Tamaela, P. dan Lewerissa, S. (2008). Karakteristik *edible film* dari karagenan. *Ichthyos* **7**: 27-30.
- Xu, Y.K., Kim, K.M., Hanna, M.A. dan Nag, D. (2005). Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops and Products* **21**: 185-192.