

KARAKTERISASI EDIBLE FILM PATI SAGU ALAMI DAN TERMODIFIKASI

Edible Film Characterizations from Native and Modification Sago Starch

Febby J. Polnaya¹, Haryadi², D.W. Marseno²

ABSTRACT

This research was conducted to use native sago starch (PSA), hydroxypropyl sago starch (PSHP, molar substitutions (MS) 0.058) and hydroxypropyl-acetyl sago starch (PSHP-AS MS 0.058; degree of substitutions (DS) 0.061) as basic materials for edible film, prepared with 3, 4 and 5% w/v. Edible film solution was prepared at 70°C for 30 min with glycerol (0.5% w/v) addition as plasticizer, and then dried-up using oven at 40°C. Analysis was conducted for physical characteristics of edible films including film thickness, elongation, tensile strength, water vapor transmission rate (WVTR), and solubility. Sago starch film produced by PSA, PSHP (MS 0.058) and PSHP-AS (MS 0.058-DS 0.061) showed different characteristics compared to PSA, including thickness, tensile strength, elongation, and WVTR of the films. The best edible film produced by PSHP-AS (5%, w/v) with lowered WVTR was 11.27 g H₂O/m² h, its thickness was about 0.085 mm, tensile strength was 13.91 MPa, elongation was 0.32% and solubility was 90,595%.

Keywords: native sago starch, hydroxypropyl, hydroxypropyl-acetyl, edible film

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan pangan oleh manusia tidak saja dari segi kuantitas tetapi juga dari segi kualitas. Peningkatan kualitas bahan pangan dapat dilakukan dengan teknik pengemasan, sehingga kerusakan baik fisik maupun kimia dapat dikurangi, karena dapat melindungi bahan pangan dari faktor internal maupun eksternal. Kebutuhan akan bahan pengemas ini lebih didominasi oleh penggunaan plastik yang dapat menimbulkan permasalahan. Salah satu langkah strategis yang dapat dilakukan yaitu menggunakan bahan dasar yang dapat didaur ulang untuk pembuatan *edible film*. Keuntungan utama dari *edible film* adalah dapat dimakan bersama-sama dengan bahan makanan yang dikemasnya, dapat meningkatkan nutrisi, menambah karakter sensori dan menambah kualitas antimikrobia (Guilbert dkk., 1996).

Edible film dapat dibuat dari berbagai macam polisakarida, protein dan lemak. *Edible film* yang dibuat dari poli-

sakarida seperti pati harganya murah dan dalam ukuran besar, seperti pati sago yang ketersediaannya di Indonesia cukup tinggi, tetapi masih banyak digunakan sebagai bahan dasar makanan tradisional. Pati sago relatif tidak mempunyai sifat plastis, sehingga memerlukan modifikasi kimia atau dapat dicampur dengan *biodegradable synthetic polymer* untuk meningkatkan plastisitasnya (Okada, 2002).

Keragaman sifat pati, khususnya pati termodifikasi, memberikan variasi yang cukup besar pada makanan. Kontribusi pati, baik pati alami maupun pati modifikasi kimia banyak digunakan dalam bidang penentu tekstur, viskositas, formasi gel, retensi uap air, pembentukan *film*, dan homogenitas produk (Thomas dan Atwell, 1999).

Penggunaan pati sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* didasarkan pada kombinasi harga, kelimpahan dan sifat termoplastik (Mali dkk., 2005). Pati alami yang pernah digunakan seperti pati singkong (Parra dkk., 2004), pati yam

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon

² Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

(Mali dkk., 2005). Tharanthan (2003) mengemukakan bahwa amilosa menghasilkan *film* yang lebih kuat, sedangkan amilopektin menghasilkan *film* dengan sifat mekanik yang kurang baik. Mali dkk. (2005) menyatakan bahwa konsentrasi amilosa pati yam sebesar 30%, sangat penting untuk pembentukan *film*. Berdasarkan hal ini, pati sagu dapat dipergunakan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film*, karena konsentrasi amilosa pati sagu yang cukup tinggi. Menurut Pomeranz (1991) dan Polnaya (2005) kandungan amilosa pati sagu berturut-turut adalah 27% dan 27,64%, sehingga diasumsikan dapat digunakan sebagai bahan dasar *edible film* yang baik.

Keunggulan pati sebagai bahan utama *edible film* adalah sebagai pembatas oksigen yang baik, karena struktur yang kompak tetapi mempunyai kelarutan yang rendah (McHugh dan Krochta, 1994; Wu dan Zhang, 2001) dan sifat *film* yang dihasilkan adalah rapuh (Mali dkk., 2005; Wu dan Zhang, 2001). Untuk menghasilkan sifat-sifat *film* yang baik, pati dicampur dengan bahan lain seperti pati jagung amilo dengan pektin (Fishman dkk., 2000), komposit *film* kitosan-pati jagung dan jagung ketan (Xu dkk., 2005). Pati termodifikasi digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat pati alami dan sekaligus memperbaiki sifat *edible film* yang dihasilkan, seperti pati kentang hidroksipropil yang dicampur dengan gelatin (Arvanitoyannis dkk., 1998).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji beberapa konsentrasi (3, 4 dan 5%, b/v) pati sagu alami (PSA), pati sagu hidroksipropil (PSHP; dengan molar substitusi (MS) 0,058) dan pati sagu hidroksipropil-asetil (PSHP-AS; dengan MS 0,058 dan derajat substitusi (DS) 0,061) terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkannya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang karakteristik *edible film* yang dihasilkan beberapa jenis pati sagu tersebut.

METODE PENELITIAN

Bahan

Pati sagu sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* adalah PSA dan PSHP (MS 0,058) dan PSHP-AS (MS 0,058-DS 0,061). PSHP dipersiapkan sesuai metode yang dikemukakan oleh Leegwater dan Luten (1971) dalam Haryadi dkk. (1994), menggunakan propilen oksida sebagai reagen modifikasinya. Sedangkan PSHP-AS dipersiapkan dengan memodifikasi PSHP sesuai metode yang dikemukakan oleh Philips dkk. (1999) dalam Singh dkk. (2004), menggunakan asetat anhidrida sebagai reagen modifikasinya. Gliserol sebagai plasticizer berasal dari Merck, dan bahan kimia lainnya yang digunakan adalah *pure analysis*.

Prosedur Penelitian

Edible film dibuat dengan menggunakan metode yang dikemukakan oleh Parra dkk. (2004) dengan melakukan sedikit modifikasi. Larutan *film* dibuat dengan mendispersikan PSA, PSHP maupun PSHP-AS (3, 4 dan 5% pati, b/v) dengan penambahan gliserol (0,5%, b/v). Pati-pati tersebut didispersikan dalam erlenmeyer dengan air 80 mL pada suhu kamar dan diaduk selama 5 menit, kemudian dipanaskan (70°C, 15 menit) sambil diaduk. Pengadukan dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Gliserol ditambahkan, dan volume larutan dijadikan 100 mL. Pemanasan dilanjutkan dengan pengadukan (70°C, 15 menit). Setelah selesai, larutan dipindahkan ke plat plastik dengan ukuran 25 × 17 cm. Larutan *film* tersebut dikeringkan menggunakan *oven* dengan suhu 40°C.

Pengujian mekanik *edible film*

Ketebalan *film* (mm) diukur dengan menggunakan mikrometer (Model *Digimatic Micrometer Mitutoyo*, JP). *Film* ditempatkan diantara rahang mikrometer dan ketebalan diukur pada tujuh tempat yang berbeda (Kim dkk., 2002), untuk masing-masing bentuk sampel (lingkaran, kotak dan dimensi I), kemudian dihitung reratanya.

Tensile strength dan elongasi diukur dengan menggunakan *Mechanical Universal Testing Machine*, sesuai dengan metode yang dikemukakan oleh Kim dkk. (2002) dan Xu dkk. (2005). Sampel *film* dipotong berbentuk dimensi I, dengan lebar *film* 5 mm, panjang 50 mm dan ketebalan ditentukan berdasarkan rerata pengukuran pada 7 tempat yang berbeda. Kecepatan pengujian adalah 10 mm/menit, dengan jarak antar penjepit adalah 50 mm. *Tensile strength* (MPa) ditentukan berdasarkan gaya maksimal (Newton) dibagi dengan luas *film* (m²) yang diberikan pada *film* sampai putus. Elongasi (%) dihitung dengan membagi selisih antara panjang maksimum dan panjang awal (50 mm) dengan panjang awal *film* dikalikan 100%.

Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air (*WVTR*) ditentukan secara gravimetri dengan memodifikasi metode yang dikemukakan oleh McHugh dkk. (1993) dan Xu dkk. (2005). Sampel *film* yang akan diuji ditutupkan pada cawan yang didalamnya berisi 20 g silika gel, dan selanjutnya ditempatkan dalam toples yang berisi larutan garam NaCl 40% (% b/v) (RH = 75%) pada suhu 25°C. Diameter mangkuk bagian dalam adalah 75 mm, dan tinggi 30 mm. Uap air yang terdifusi melalui *film* akan diserap oleh silika gel sehingga akan menambah beratnya. Berat cawan dicatat setiap jam selama 8 jam. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier,

dan ditentukan *slope*-nya. Laju transmisi uap air ditentukan dengan persamaan:

$$WVTR = \frac{\text{Slope kenaikan berat cawan (g/jam)}}{\text{Luas permukaan film (m}^2\text{)}}$$

Daya larut

Pengujian daya larut dilakukan seperti metode yang dikemukakan oleh Gontard dkk. (1992): sampel dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm. Sampel dengan kertas saring dikeringkan pada suhu 105°C, selama 24 jam. Timbang kertas saring dan sampel serta tentukan berat sampel sebagai berat awal (W₁). Masukkan sampel ke dalam 50 mL larutan sodium azide 0,02%. Penambahan sodium azide ditujukan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Perendaman dilakukan selama 24 jam, diaduk perlahan-lahan secara periodik. Lakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang sudah dikeringkan di bagian awal, kemudian kertas saring dan *film* yang tidak larut dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam, setelah itu sampel ditimbang (W₂) untuk menentukan bahan kering yang tidak larut dalam air.

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Uji Statistik

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan pola faktorial. Setiap satuan percobaan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

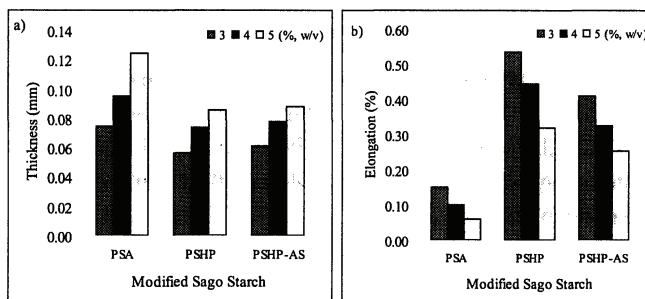


Figure 1. Effect of modified sago starch (PSA, PSHP (MS 0.058) and, PSHP-AS (MS 0.058-DS 0.061)) and its concentration (% w/v) on: a) thickness (mm); and b) elongation (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat mekanik *edible film*

Pengaruh konsentrasi dan jenis pati sagu terhadap ketebalan (mm) *edible film* dapat dilihat pada Gambar 1a. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi per-

lakuan jenis dan konsentrasi pati sagu, berpengaruh sangat nyata ($F_{hit} = 26,36; p = 0,000$) terhadap ketebalan *edible film*. Ketebalan terendah diperoleh PSHP dengan konsentrasi 3% (0,056 mm), ketebalan tertinggi adalah pada PSA 5% (0,125 mm). PSHP dan PSHP-AS cenderung menunjukkan pengaruh yang sama terhadap ketebalan *edible film* yang dihasilkan untuk tiap tingkatan konsentrasi. Makin tinggi konsentrasi pati sagu, maka ketebalan *film* makin meningkat untuk ketiga jenis pati. Meningkatnya ketebalan *film* disebabkan pada volume yang sama jumlah polimer penyusun dan total padatan terlarut yang membentuk *film* meningkat, seiring dengan meningkatkan konsentrasi pati sagu yang digunakan.

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan PSHP (0,056-0,085 mm) dan PSHP-AS (0,061-0,088 mm) pada konsentrasi yang sama lebih rendah jika dibandingkan dengan PSA (0,074-0,125 mm). Hal ini disebabkan karena pati modifikasi menghasilkan pati dengan tekstur yang lebih halus dalam larutan (Thomas dan Atwell, 1999) atau viskositas yang lebih rendah dibandingkan pati alaminya, sehingga berpengaruh pada *film* yang dihasilkan.

Edible film yang terlalu tebal dapat memberikan efek yang merugikan (Park dkk., 1994). Menurut Howard dan Dewi (1995), pelapis yang tebal dapat membatasi pertukaran gas hasil respirasi, sehingga menyebabkan produk mengakumulasi etanol yang cukup tinggi dan meningkatkan *off-flavors*. Selain itu, meningkatnya ketebalan *edible film* mempengaruhi sifat elongasi dan *tensile strength*, dimana pada konsentrasi yang terlalu tinggi menghasilkan *film* yang kaku, getas dan tidak elastis.

Pengaruh konsentrasi pati sagu alami/termodifikasi terhadap elongasi *edible film* dapat dilihat pada Gambar 1b. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi perlakuan jenis dan konsentrasi pati sagu berpengaruh nyata ($F_{hit} = 3,27; p = 0,035$). PSA memberikan nilai elongasi terendah untuk semua konsentrasi, jika dibandingkan dengan PSHP dan PSHP-AS. Makin tinggi konsentrasi pati sagu, maka elongasi *film* makin menurun, baik pada PSA maupun pati sagu termodifikasi.

PSHP (0,319-0,536%) dan PSHP-AS (0,254-0,411%) memberikan sifat elongasi yang lebih tinggi dibandingkan PSA (0,061-0,150%). Hal ini disebabkan karena karakteristik pati sagu termodifikasi dapat mengurangi efektivitas ikatan hidrogen pada amilosa (interaksi intramolekuler) karena terjadi interaksi sterik dari gugus modifikasi dan substitusi gugus hidroksil yang berperan terhadap terjadinya ikatan hidrogen. Interaksi sterik ini menyebabkan molekul amilosa tidak bebas untuk saling berdekatan, sehingga kekompakan struktur granula berkurang (Kuswanto, 1994). Apabila diberi gaya maka pergerakan rantai pati akan difasilitasi oleh gu-

gus modifikasi yang tersubstitusi. *Film* yang dihasilkan oleh pati sagu termodifikasi, memberikan sifat yang lebih elastis dibandingkan PSA. Sehingga perlakuan modifikasi pati, dapat memperbaiki sifat *edible film* berbahan dasar pati yang bersifat getas atau kaku menjadi lebih elastis.

Meningkatnya konsentrasi pati sagu menghasilkan sifat elongasi *film* yang semakin menurun untuk ketiga jenis pati sagu. Hal ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi amilosa dalam larutan meningkatkan ikatan hidrogen yang terbentuk dan menghasilkan struktur *edible film* yang semakin kompak. Xu dkk. (2005) mengemukakan bahwa *film* yang berbahan dasar pati mudah patah, sehingga makin tinggi konsentrasinya dapat menurunkan fleksibilitas *film*. Ikatan hidrogen intermolekuler PSA akan makin meningkat akibat dari pengelompokan amilosa berantai lurus (Wurzburgh, 1986) menghasilkan *film* kaku, getas dan tidak elastis.

Hasil analisis *tensile strength edible film* dengan berbagai konsentrasi pati sagu alami/modifikasi dapat dilihat pada Gambar 2a. *Tensile strength* yang dihasilkan berkisar antara 5,363-21,219 MPa, dan berdasarkan analisis ragam interaksi perlakuan jenis dan konsentrasi berpengaruh nyata ($F_{hit} = 3,99; p = 0,017$). PSA memberikan *tensile strength* tertinggi (19,317-21,219 MPa) untuk konsentrasi 3, 4 dan 5%, jika dibandingkan dengan PSHP (5,363-13,907 MPa) maupun PSHP-AS (7,317-16,863 MPa). Wattanachant dkk. (2003) mengemukakan bahwa pati sagu alami menunjukkan gel yang kohesif dengan *gel strength* yang tinggi, dan mempengaruhi sifat *edible film* yang dihasilkannya. Kondisi ini dapat diperbaiki dengan modifikasi dengan hidroksipropilasi.

Meningkatnya konsentrasi pati berpengaruh pada peningkatan *tensile strength edible film* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi amilosa dalam larutan akan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk sehingga membentuk *film* yang lebih tegar. Seperti yang dikemukakan oleh Xu dkk. (2005), bahwa jumlah gugus hidroksil meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi pati dalam larutan *film* dan amilosa akhirnya dapat menghasilkan *film* yang tegar.

Tensile strength PSHP dan PSHP-AS menunjukkan penurunan dibandingkan PSA. Hal ini disebabkan karena ikatan hidrogen intermolekuler PSA menghasilkan gel dengan kekuatan gel yang lebih tegar dibandingkan kekuatan gel PSHP maupun PSHP-AS yang memiliki ikatan hidrogen intramolekuler. Tersubstitusinya gugus modifikasi menyebabkan menurunnya kekuatan gel dan mempengaruhi *tensile strength edible film*. Seperti yang dikemukakan oleh Takahashi dkk. (1989), bahwa pati asetil maupun hidroksipropil yang mempunyai derajat substitusi atau molar substitusi 0,1 dapat menurunkan kekuatan gel pati gandum.

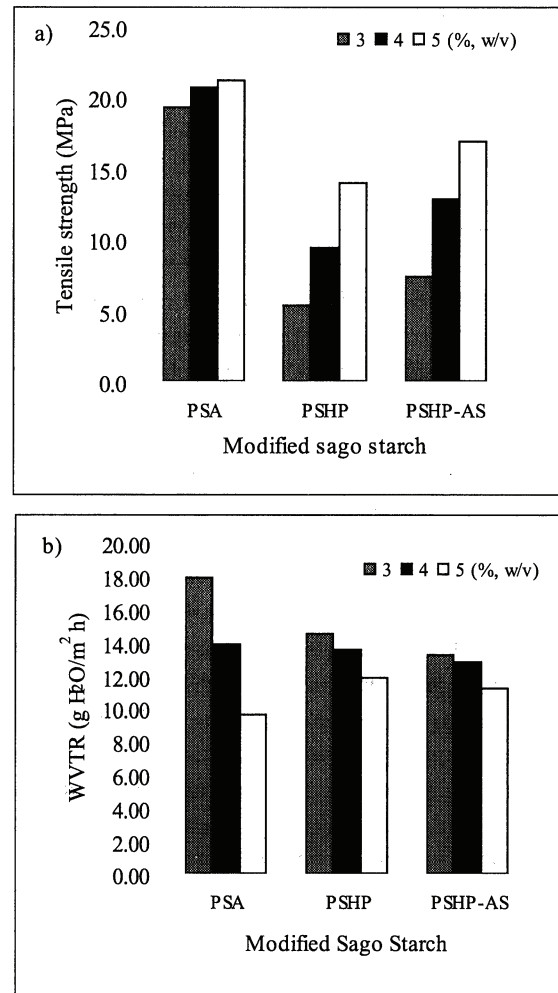


Figure 2. Effect of modified sago starch (PSA, PSHP (MS 0.058) and, PSHP-AS (MS 0.058-DS 0.061)) and its concentration (% w/v) on: a) tensile strength (MPa); and b) WVTR (g H₂O/m² h)

PSA dengan kekuatan gel yang tegar akan membentuk *edible film* yang lebih kaku, dibandingkan *film* yang dihasilkan oleh pati sagu termodifikasi yang lebih lentur. Kondisi ini akan mempengaruhi nilai *tensile strength film* tersebut. Tersubstitusinya gugus termodifikasi dapat menyebabkan ikatan hidrogen intermolekuler menurun, sedangkan ikatan hidrogen intramolekuler meningkat. Seperti yang dikemukakan oleh Wurzburgh (1986) pada pati alami, molekul-molekul amilosa yang berantai lurus dapat mengelompok melalui ikatan-ikatan hidrogen intermolekuler. Hal ini dapat diminimalkan dengan melakukan modifikasi pati.

Pati hidroksipropil dapat mengurangi *tensile strength film* pati jagung amilo dan meningkatkan elongasi. Hal yang sama ditunjukkan oleh selulosa hidroksipropil menghasilkan *tensile strength film* yang rendah dan elongasi yang tinggi (Nisperos-Carriedo, 1994).

Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air *edible film* pada berbagai konsentrasi pati sago alami atau modifikasi dapat dilihat pada Gambar 2b. Berdasarkan analisis ragam, interaksi perlakuan jenis dan konsentrasi pati sago berpengaruh sangat nyata ($F_{hit} = 107,73$; $p = 0,000$) terhadap *WVTR edible film* yang dihasilkannya. PSA memberikan nilai *WVTR* tertinggi (13,859-17,836 g H₂O/m² jam) untuk konsentrasi 3 dan 4%, dibandingkan dengan PSHP (11,267-13,268 g H₂O/m² jam) maupun PSHP-AS (11,811-14,508 g H₂O/m² jam). Rendahnya *WVTR* pati sago termodifikasi disebabkan karena adanya ikatan antara gugus substitusi dengan molekul pati sehingga menghasilkan struktur jaringan yang dapat menahan difusi uap air melewati *film*, dan akibatnya menurunkan laju transmisi uap air. Hasil yang cenderung sama juga dikemukakan oleh Xu dkk. (2005) pada *edible film* yang dihasilkan sebagai komposit kitosan-pati.

WVTR edible film PSHP-AS lebih rendah dibandingkan PSHP. Hal ini mungkin disebabkan karena gugus asetil menyebabkan granula pati PSHP-AS bersifat hidrofobik sehingga menghasilkan *edible film* yang mempunyai gugus hidrofobik dibandingkan *edible film* PSHP yang bersifat hidrofilik. Gugus hidrofobik merupakan gugus -CH₃ berasal dari gugus asetil. *Edible film* yang bersifat hidrofobik dapat menurunkan *WVTR edible film* pati sago. Garcia dkk. (2000) menyatakan bahwa migrasi uap air umumnya terjadi pada bagian hidrofilik *film*.

WVTR edible film semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *film*, baik pada PSA maupun pati sago termodifikasi. Menurunnya *WVTR edible film* disebabkan karena meningkatnya padatan terlarut dalam larutan *film*, dan meningkatnya konsentrasi molekul amilosa yang membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat, sehingga menghasilkan struktur yang kompak. Hal ini dapat dilihat pada PSA dengan konsentrasi 5%, mempunyai nilai *WVTR* terendah, dibandingkan dengan semua perlakuan lainnya.

Edible film yang dihasilkan dari polisakarida dan protein mempunyai sifat yang tidak baik sebagai *moisture barriers*, tetapi apabila dikombinasikan dengan *waxes* dan/atau *fatty acids* dapat menghasilkan *water vapor barriers* yang lebih baik (Brody, 2005).

Daya Larut

Daya larut *edible film* berbahan dasar PSHP (71,008-90,595%) dan PSHP-AS (66,602-82,900%) lebih tinggi dibandingkan PSA (26,722-44,742%). Hal ini berhubungan juga dengan karakteristik PSHP (*MS* 0,058) maupun PSHP-AS (*MS* 0,058-*DS* 0,061), yang mempunyai tingkat daya larut lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya,

sehingga penggunaan pati sago termodifikasi sebagai bahan dasar *edible film* akan menghasilkan *film* dengan daya larut yang lebih tinggi dibandingkan *film* PSA. Menurut Kester dan Fennema (1986), eterifikasi pati tinggi amilosa dengan propilen oksida meningkatkan kelarutannya dalam air, karena *film* yang dihasilkan pati hidroksipropil bersifat tidak resisten terhadap uap air.

PSHP-AS menghasilkan kelarutan *edible film* lebih rendah dibandingkan PSHP. Hal ini disebabkan karena tersubstitusinya gugus asetil menurunkan sifat hidrofilik PSHP yang dipengaruhi oleh gugus metil yang terdapat pada gugus asetil. Seperti yang dikemukakan oleh Fringant dkk. (1996) bahwa semakin tingginya derajat substitusi pati asetil menyebabkan pati asetil lebih hidrofobik karena tidak dapat bereaksi dengan molekul air.

Meningkatnya konsentrasi pati sago menghasilkan kelarutan *edible film* yang semakin menurun. Hal ini disebabkan karena kekompakan *edible film* yang dihasilkan sebagai akibat meningkatnya ikatan hidrogen seiring meningkatnya konsentrasi amilosa dalam larutan. Hastuti (1999) mengemukakan bahwa daya larut *edible film* berbahan dasar tepung kecipir rendah lemak juga menunjukkan kisaran 15,82-50,93%, cenderung sama dengan daya larut *edible film* PSA.

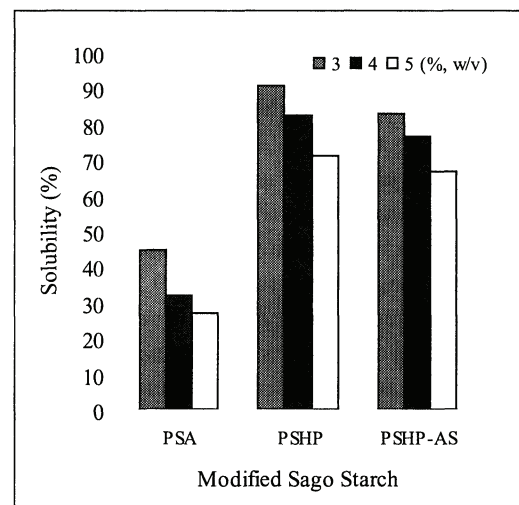


Figure 3. Effect of modified sago starch (PSA, PSHP (MS 0.058) and, PSHP-AS (MS 0.058-DS 0.061)) and its concentration (% w/v) on *edible film* solubility (%)

KESIMPULAN

Edible film yang dihasilkan dari PSHP maupun PSHP-AS mempunyai sifat-sifat fisik yang berbeda dibandingkan dengan PSA, dalam hal ketebalan *film*, *tensile strength*, elongasi, *WVTR* dan daya larut. Perubahan sifat fisik ini teru-

tama disebabkan karena tersubstitusinya gugus hidroksipropil maupun asetil yang mempengaruhi struktur granula pati sagu. *Edible film* dengan ketebalan (0,056 mm) dan *tensile strength* (5,363 MPa) terendah, elongasi (0,536%) dan daya larut (90,595%) tertinggi ditunjukkan oleh PSHP (*MS* 0,058) dengan konsentrasi pati sagu 3%. *Edible film* berbahan dasar pati sagu termodifikasi dengan *WVTR* terendah (11,267 g H₂O/m² jam) ditunjukkan oleh PSHP-AS (*MS* 0,058-*DS* 0,061) dengan konsentrasi pati 5%, mempunyai sifat-sifat ketebalan 0,085 mm, *tensile strength* 13,097 MPa, dan elongasi 0,319%. *Edible film* yang dibuat dari PSHP-AS mempunyai sifat yang lebih baik sebagai bahan dasar *edible film* dibandingkan PSA maupun PSHP. Secara umum dapat disimpulkan bahwa modifikasi pati sagu secara hidroksipropilasi maupun asetilasi memperbaiki elastisitas dan daya larut *edible film* dibandingkan dengan pati alami yang kaku atau getas dan tidak mudah larut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvanitoyannis, I., Nakayama, A., dan Aiba, S. (1998). Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. *Carbohydrate Polymers* **36**: 105-119.
- Brody, A.L. (2005). Packaging. *Food Technology* **59**: 65-66.
- Fishman, M.L., Coffin, D. R., Konstance, R. P., dan Onwulata, C.I. (2000). Extrusion of pectin/starch blends plasticised with glycerol. *Carbohydrate Polymers* **41**: 317-325.
- Fringant, C., Desbrières, J., dan Rinaudo, M. (1996). Physical properties of acetylated starch-based materials: relation with their molecular characteristics. *Polymer* **37**: 2663-2673.
- Garcia, M.A., Martino, M. N., dan Zaritzky, N. E. (2000). Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science* **65**: 941-947.
- 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.
- Guilbert, S., Gontard, N., dan Gorris, L. G. M. (1996). Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* **29**: 10-17.
- Haryadi, Kuswanto, K. R., dan Marwanti, B. A. (1994). Effect of preparation conditions on the characteristics of hydroxypropyl tapioca starch. *Indonesian Food and Nutrition Progress* **1**: 34-38.
- Hastuti, S. (1999). Sifat-sifat Fisik dan Kimia Edible Film dari Tepung Biji Kecap Rendah Lemak. Tesis. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Howard, L.R., dan Dewi, T. (1995). Sensory, microbiological and chemical quality of mini-peeled carrots as affected by edible coating treatment. *Journal of Food Science* **60**: 142-144.
- Kester, J.J. dan Fennema, O. R. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technology* **12**: 47-59.
- Kim, K.W., Ko, C. J., dan Park, H. J. (2002). Mechanical properties, water vapor permeabilities and solubilities of highly corboxymethylated starch-based edible films. *Journal of Food Science* **67**: 218-222.
- Kuswanto, K.R., Haryadi, Djumali dan Hardjono. (1994). *Karakterisasi Pati dan Pengembangan Proses Produksi Pati Termodifikasi. Proyek Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPITEK)*. Laporan Penelitian Riset Unggulan Terpadu I, Tahun Anggaran 1993/1994.
- 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.B., dan Krochta, J.M. (1994). Permeability properties of edible film. Dalam: Krochta, J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.) *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publication Company, Inc.Lancaster, U.S.A.
- McHugh, T.B., Avena-Bustillos, R., dan Krochta, J.M. (1993). Hydrophilic Edible Films: Modified Procedure for Water Vapor Permeability and Explanation of Thickness Effects. *Journal Food of Science* **58**:899-903.
- Nisperos-Carriedo M.O. (1994). Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides. p: 305-335. Dalam: Krochta J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.) *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster-Basel.
- Okada, M., 2002. Chemical syntheses of biodegradable polymer. *Progress in Polymer Science* **27**: 87-133.

- 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 Films. *Carbohydrate Polymers* **58**: 475-481.
- Park, H.J., Chinnan, M. S. dan Shewfelt, R. L. (1994). Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. *Journal of Food Science* **59**:568-570.
- Polnaya, F.J. (2005). *Modifikasi Ganda Pati Sagu Hidroksipropil-Asetil Untuk Pembuatan Edible Film*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Pomeranz, Y. (1991). *Functional Properties of Food Components*. (2nd ed.). Academic Press, Inc. p.24-78.
- Singh, N., Chawla, D., dan Singh, J. (2004). Influence of Acetic Anhydride on Physicochemical, Morphological and Thermal Properties of Corn and Potato Starch. *Food Chemistry* **86**: 601-608.
- Takahashi, S., Maningat, C. C., dan Seib, P. A. (1989). Acetylated and Hydroxypropylated Wheat Starch : Paste and Gel Properties Compared with Modified Maize and Tapioca Starches. *Cereal Chemistry* **66**: 499-506.
- Tharanathan, R.N., 2003. Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future. *Trends in Food Science and Technology* **14**: 71-78.
- Thomas, D.J. and Atwell, W.A. (1999). *Starch, Handbook Series*. Eagan Press. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Wattanachant, S., Muhammad, K., Hashim D. M., dan Abd. Rahman, R. (2003). Effect of Crosslinking Reagents and Hydroxypropylation Levels on Dual-Modified Sago Starch Properties. *Food Chemistry* **80**: 463-471.
- Wu, Q.X. dan Zhang, L.N. (2001). Structure and Properties of Casting Films Blended with Starch and Waterborne Polyurethane. *Journal of Applied Polymer Science* **79**: 2006-2013.
- Wurzburch, O.B. (1986). Cross-linked Starches. Dalam: Wurzburch, O.B. (ed.). *Modified Starches: Properties and Uses*. CRC Press: Boca Raton, FL.
- Xu, Y.X., Kim, K.M., Hanna, M.A., dan Nag, D. (2005). Chitosan-Starch Composite Film: Preparation and Characterization. *Industrial Crops and Products* **21**: 185-192.