

KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI SAGU ALAMI DAN TERMODIFIKASI

Riska Surya Ningrum¹, Dewi Sondari¹, Deni Purnomo¹, Putri Amanda¹, Dian Burhani¹, Fadia Idzni Rodhibilah²

¹Research Center for Biomaterial, Indonesian Institute of Science, Cibinong Science Center, Cibinong, West Java, Indonesia

²Department of Biology, Faculty of MIPA, Padjajaran University, Bandung, West Java, Indonesia

E-mail: riska_suryaningrum17@yahoo.com

Received 21 April 2021 ; Revised : 24 Juni 2021 ; Accepted : 5 Agustus 2021

ABSTRAK

KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI SAGU ALAMI DAN TERMODIFIKASI. Edible film dibuat dari pati sagu alami dan pati sagu termodifikasi. Pati sagu termodifikasi merupakan pati sagu yang telah dipresipitasi (diendapkan) dengan pelarut etanol dengan variasi waktu presipitasi (1, 2, 3, 4, dan 5 jam). Karakterisasi edible film meliputi analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, kadar air, kelarutan dalam air, sudut kontak, *water vapor permeability* (WVP), ketebalan, dan uji mekanik. Hasil menunjukkan bahwa proses modifikasi pati sagu yang paling optimum adalah pada waktu presipitasi 2 jam karena ketika diaplikasikan untuk pembuatan edible film, mampu menghasilkan edible film (sampel E2f) yang memiliki sudut kontak dan kuat tarik tertinggi tetapi kadar air, kelarutan dalam air, WVP, dan persen elongasinya terendah dibandingkan sampel yang lain.

Kata kunci: *edible film*, etanol, pati sagu, presipitasi

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF EDIBLE FILM FROM NATIVE AND MODIFIED SAGO STARCH. In this study, edible film obtained from native and modified sago starch. Modified sago starch is the sago that has been precipitated with ethanol with variation time of precipitation (1, 2, 3, 4, and 5 hours). Edible films were characterized by functional groups using FTIR, moisture content, water solubility, contact angle, water vapor permeability (WVP), thickness, and also mechanical properties. The results show that the optimum modification process of sago starch is on the 2 hours precipitation, because when that sago is applied to produce the edible film, it is able to obtain the edible film (E2f) that has the best properties, there are highest of contact angle and tensile strength while the moisture content, water solubility, WVP, and elongation are the lowest than others.

Key words: *edible film*, ethanol, sago starch, precipitation

PENDAHULUAN

Edible film atau *edible coating* merupakan teknologi pengemasan makanan yang mulai banyak dikembangkan untuk mensubstitusi kemasan pangan berbasis plastik yang tidak ramah lingkungan. *Edible film* adalah lapisan tipis (film) yang dapat dikonsumsi (*edible*) dan dapat diaplikasikan sebagai kemasan pangan karena mampu mengontrol kelembapan dan permeabilitas oksigen (Molavi et al. 2015). Material yang dapat digunakan sebagai edible film antara lain protein (kolagen, gelatin), lipid (wax), resin, dan karbohidrat (selulosa, kitosan, pati) (Aguirre-joya et al. 2017). Ketersediaan pati, terutama pati sagu sangat melimpah di Indonesia sehingga penelitian ini bertujuan

untuk mengembangkan edible film dari pati sagu.

Menurut (Sumardiono, Rakhmawati, and Pudjiastuti 2018), pati sagu mengandung 15-30% amilosa dan 70-80% amilopektin. Tingginya kandungan amilosa pada pati sagu berdampak pada kemampuan dalam membentuk gel atau film yang kuat sehingga berpotensi untuk diaplikasikan sebagai bioplastik, bahan pembuatan permen, pelapis pada makanan dan obat (Abdorrezza and Abd Karim 2013). Selain memiliki kelebihan, pati sagu alami juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu sulit larut dalam air dingin, mudah tergelatin, dan memiliki viskositas yang tinggi sehingga dalam proses aplikasinya perlu dilakukan modifikasi terlebih dahulu (Shah et

al. 2016). Proses modifikasi bertujuan untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat sagu agar dapat menghasilkan edible film dengan sifat mekanik (kuat tarik, persen elongasi, dan daya serap air) yang baik (Xie et al. 2013). Proses modifikasi dapat dilakukan menggunakan metode kimia, fisika, biologi, ataupun kombinasi dari metode tersebut (Shah et al. 2016). Setelah dimodifikasi, pati sagu kemudian dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan edible film. Pada penelitian sebelumnya, Ulyarti et al (2020) menggunakan campuran pati tapioka murni dan pati tapioka termodifikasi (telah dipresipitasi dengan etanol) untuk membuat edible film lebih transparan dan memiliki nilai WVTR yang rendah. Selain itu, Escamilla-Garcia et al (2017) juga memanfaatkan pati jagung yang telah diasetilasi untuk menghasilkan edible film dengan kuat tarik yang sangat besar, yaitu 198,77 MPa.

Riset terkait pati tapioka, jagung, dan kentang telah banyak dilakukan, tetapi tidak demikian halnya dengan pati sagu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan edible film dari pati sagu termodifikasi. Pada penelitian ini, modifikasi pati sagu dilakukan menggunakan metode presipitasi dengan pelarut etanol pada variasi waktu tertentu. Pati sagu yang telah dimodifikasi kemudian digunakan untuk pembuatan edible film. Efektivitas penggunaan pati sagu termodifikasi terhadap kualitas edible film ditentukan oleh hasil karakterisasi edible film. Karakterisasi tersebut meliputi uji gugus fungsi menggunakan FTIR, kadar air, kelarutan dalam air, sudut kontak, *water vapor permeability* (WVP), ketebalan, dan uji mekanik (kekuatan dan kelenturan).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, hipotesis yang dapat diambil adalah bahwa edible film yang dibuat dari pati sagu termodifikasi memiliki sifat hidrofobik dan mekanik yang lebih besar dibandingkan edible film yang terbuat dari pati sagu alami. Proses modifikasi pati sagu yang dilakukan tentu mempengaruhi sifat edible film yang dihasilkan, dimana proses presipitasi dengan etanol memiliki waktu yang optimum untuk menghasilkan edible film dengan kualitas terbaik.

Edible film yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan mampu memiliki kualitas yang setara atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan kemasan plastik wrap. Edible film yang memiliki *high quality* dapat dikomersialkan dan digunakan sebagai kemasan pangan pengganti kwrap. Pengembangan edible film sebagai pengganti plastik merupakan salah satu upaya untuk menghambat kerusakan lingkungan dan mendukung gerakan Indonesia bebas plastik 2024.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Pati sagu, ethanol (Merck), gliserol (Merck), dan aquades.

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Biomassa dan *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLab) Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Metode

Modifikasi pati sagu menggunakan metode presipitasi dengan pelarut ethanol

Sebanyak 4 gr pati sagu dilarutkan dalam 75 ml aquades, dipanaskan pada suhu 50 °C sambil diaduk dengan kecepatan 350 rpm selama 1 jam, lalu didinginkan pada suhu kamar. Setelah dingin, sampel direaksikan dengan 75 ml etanol 96% secara tetes demi tetes sambil diaduk dengan kecepatan 700 rpm selama variasi waktu tertentu (1, 2, 3, 4, dan 5 jam). Selanjutnya disentrifugasi dan endapannya dicuci menggunakan etanol lalu didekantasi. Sagu yang diperoleh dikeringkan menggunakan *freeze dryer* (Labconco).

Pembuatan edible film dari pati sagu yang termodifikasi

Sebanyak 4 g sampel dilarutkan dalam 40 ml aquades menggunakan ultrasonikator. Setelah itu ditambahkan gliserol 3% dan dipanaskan pada suhu 105 °C sambil diaduk dengan kecepatan 350 rpm selama 30 menit. Kemudian sebanyak 10 g dituangkan ke dalam cawan petri (diameter 9 cm) lalu dikeringkan.

Karakterisasi Sampel

a. Uji FTIR

Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan gugus fungsi pada pati sagu sebelum dan setelah dilakukan proses pengendapan dengan etanol. Sampel edible film diuji *Fourier Transmission Infra-Red* (Perkin Elmer) dengan menggunakan metode *Attenuated Total Reflection* (ATR), yaitu edible film (1x1 cm) ditentukan persen transmittansinya (%T) pada bilangan gelombang 400 hingga 4000 cm^{-1} .

b. Sudut kontak

Pengujian sudut kontak pada sampel edible film dilakukan menggunakan alat *contact angle meter*. Sampel ditempelkan pada pelat alat kemudian ditetaskan sebanyak 15 μL air dengan menggunakan syringe. Suatu proyeksi cahaya yang terbentuk dari alat *contact angle meter*

pada tetesan air diamati dan diukur besar sudut kontaknya.

c. Kadar air

Uji kadar air dilakukan menggunakan metode gravimetri. Edible film dipotong dan ditentukan massanya (m_1). Cawan petri kosong yang telah dioven (Memmert Instrument) pada suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam juga ditentukan massanya (m_2). Edible film diletakkan di dalam cawan petri kosong kemudian dioven pada suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam lalu ditimbang hingga massa konstan (m_3). Kadar air dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{m_1 - (m_3 - m_2)}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

d. Kelarutan dalam air

Uji kelarutan dilakukan menggunakan metode gravimetri (Indrianti, Pranoto, and Abbas 2018). Edible film dipotong dengan ukuran $1 \times 4\text{ cm}^2$ dan dihitung massanya (m_1). Sampel tersebut dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 ml kemudian direndam dalam 50 ml aquades selama 24 jam pada suhu ruang ($25\text{ }^\circ\text{C}$). Sampel yang tidak larut dikeringkan menggunakan oven pada suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ hingga diperoleh massa yang konstan (m_2). Kelarutan sampel edible film ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{kelarutan dalam air (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

e. Permeabilitas uap air (water vapor permeability / WVP)

Analisa WVP pada edible film dilakukan menggunakan metode ASTM E-96-95 yang telah dimodifikasi (S et al. 2019). Edible film yang digunakan untuk analisa WVP terlebih dulu diukur ketebalannya pada 10 titik yang berbeda menggunakan jangka sorong. Kemudian film dipotong dalam bentuk lingkaran dan direkatkan pada alumunium foil yang telah dilubangi. Besarnya luas lubang pada alumunium foil adalah 10% dari luas permukaan aquades. Selanjutnya edible film-alumunium foil tersebut digunakan sebagai penutup cawan petri yang telah diisi 30 ml aquades. Cawan petri yang telah tertutup ditimbang dan dicatat massanya. Kemudian cawan petri dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur $30\text{ }^\circ\text{C}$ dan dilakukan penimbangan setiap 1 jam selama 5 jam. Hasil pengamatan dibuat dalam bentuk kurva antara waktu uji dalam menit (sumbu x) dan massa aquades yang hilang dalam gram (sumbu y). Besarnya nilai WVP dapat

ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{WVTR} = \frac{\text{massa air yang hilang (gr)}}{\text{waktu (menit)} \times \text{luas permukaan}} \quad (3)$$

dimana WVTR adalah laju transmisi uap air ($\text{g s}^{-1} \text{m}^{-2}$)

$$\text{WVP} = \frac{\text{WVTR} \times d}{S \times (R_1 - R_2)} \quad (4)$$

dimana

WVP: permeabilitas uap air ($\text{g s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)
S: tekanan udara jenuh pada suhu $37\text{ }^\circ\text{C}$ ($6266,134\text{ Pa}$)

R_1 : RH dalam cawan = 100%

R_2 : RH pada suhu $37\text{ }^\circ\text{C}$ = 81%

d: ketebalan rata-rata

f. Uji Mekanik

Uji mekanik yang dilakukan meliputi uji ketebalan, kuat tarik, dan persen pemanjangan (elongasi). Pada uji ketebalan, sampel edible film diukur menggunakan jangka sorong digital pada 5 titik yang berbeda, kemudian di rata-rata. Pada uji kuat tarik dan elongasi, metode yang digunakan adalah ASTM D882. Sampel edible film dipotong dengan dimensi $9 \times 3\text{ cm}$, lalu dijepit di kedua ujungnya dengan jarak 1,5 cm dari ujung. Selanjutnya sampel edible film diukur kuat Tarik dan elongasinya menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM) Shimadzu AG-IS 50 KN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

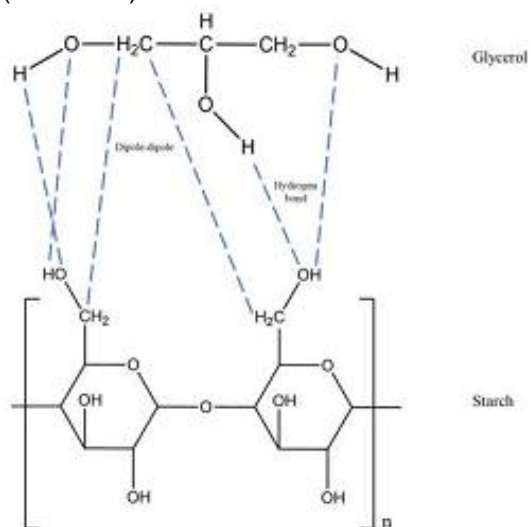
Modifikasi pati sagu

Proses modifikasi pati sagu dilakukan menggunakan metode presipitasi (pengendapan) dengan pelarut etanol dengan variasi waktu pengendapan, yaitu 1 jam (E1), 2 jam (E2), 3 jam (E3), 4 jam (E4), dan 5 jam (E5). Tujuan proses modifikasi adalah untuk memperbaiki atau meningkatkan karakteristik pati sagu (Alcázar-alay, Angela, and Meireles, 2015) agar dapat digunakan sesuai dengan aplikasi yang diinginkan.

Pembuatan edible film

Edible film dibuat dari pati sagu alami atau termodifikasi dengan penambahan gliserol 3%. Fungsi gliserol adalah sebagai plasticizer yang dapat membuat edible film yang dihasilkan menjadi lebih elastis, fleksibel, transparan, tidak *brittle*, dan halus (Basiak, Lenart, and Debeaufort 2018). Ikatan yang terbentuk antara larutan pati sagu dengan

gliserol adalah ikatan antarmolekul (ikatan hydrogen, dipole-dipole, dan dipole terinduksi) (Gambar 1).



Gambar 1. Ikatan antarmolekul antara gliserol dengan pati sagu

Gliserol merupakan plasticizer yang paling sering digunakan karena gliserol merupakan senyawa yang mudah larut dalam air, tidak berwarna, dapat meningkatkan viskositas, dan mengikat air (Togas et al. 2017). Selain gliserol, senyawa yang dapat digunakan sebagai *plasticizer* adalah golongan monosakarida, disakarida, oligosakarida (contohnya glukosa, fruktosa, sukrosa, dan madu), polyols (contohnya gliserol, sorbitol, derivat gliseril, dan polietilen glikol), serta lipid dan derivatnya (contohnya fosfolipid, asam lemak, dan surfaktan) (Sothornvit and Krochta, 2005).

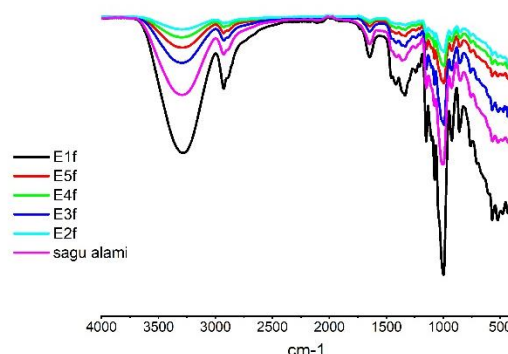
Edible film yang dihasilkan pada penelitian ini berbentuk bulat sesuai dengan cetakan yang digunakan, yaitu cawan petri. Massa larutan pati sagu alami atau termodifikasi yang digunakan untuk edible film juga dibuat konstan (± 10 g) agar antara edible film yang satu dengan yang lain tidak memiliki perbedaan ketebalan yang signifikan. Ketebalan edible film akan berpengaruh terhadap hasil pengujian FTIR karena adanya hukum Lambert-Beer, permeabilitas uap air, kuat tarik dan persen elongasinya (Artanti Putri, Pangestu, and Husein 2020).

Hasil uji gugus fungsi (FTIR), sudut kontak, kadar air, kelarutan, dan permeabilitas uap air

Spektra FTIR (Gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat serapan gugus hidroksil (-OH) pada bilangan gelombang 3290-3304 cm^{-1} . Serapan kuat gugus C-H dan karbonil (C=O) juga muncul pada bilangan gelombang 2926-2928 cm^{-1} dan 1645-1651 cm^{-1} . Pada daerah fingerprint 994-1001 cm^{-1} juga muncul serapan C-O-C kompleks. Semua edible film yang

dianalisis memiliki serapan gugus fungsi yang sama dan tidak dijumpai adanya pergeseran puncak serapan, akan tetapi terdapat perbedaan intensitas serapan gugus fungsi pada masing-masing edible film. Perbedaan intensitas serapan gugus -OH menunjukkan adanya perubahan sifat hidrofobisitas pada edible film. Edible film yang terbuat dari sagu alami (KOf) memiliki intensitas serapan gugus -OH yang lebih tinggi dibandingkan dengan edible film dari sagu termodifikasi 2, 3, 4, dan 5 jam, tetapi lebih rendah dibandingkan edible film dari sagu termodifikasi 1 jam. Hasil serupa juga dijumpai pada penelitian Sondari et al. (2019), bahwa intensitas serapan gugus -OH pada analisis FTIR edible film dari sagu termodifikasi (oksidasi, asetilasi, cross-link, dan presipitasi) lebih tinggi dibandingkan edible film dari sagu alami.

Berdasarkan Gambar 2, sampel E2f merupakan edible film yang memiliki intensitas serapan gugus -OH terendah sedangkan E1f yang memiliki intensitas serapan gugus -OH tertinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan pati sagu yang dimodifikasi menggunakan metode presipitasi dengan etanol dapat menaikkan atau menurunkan intensitas serapan -OH pada sampel edible film yang dihasilkan, tergantung dari lama waktu presipitasi.



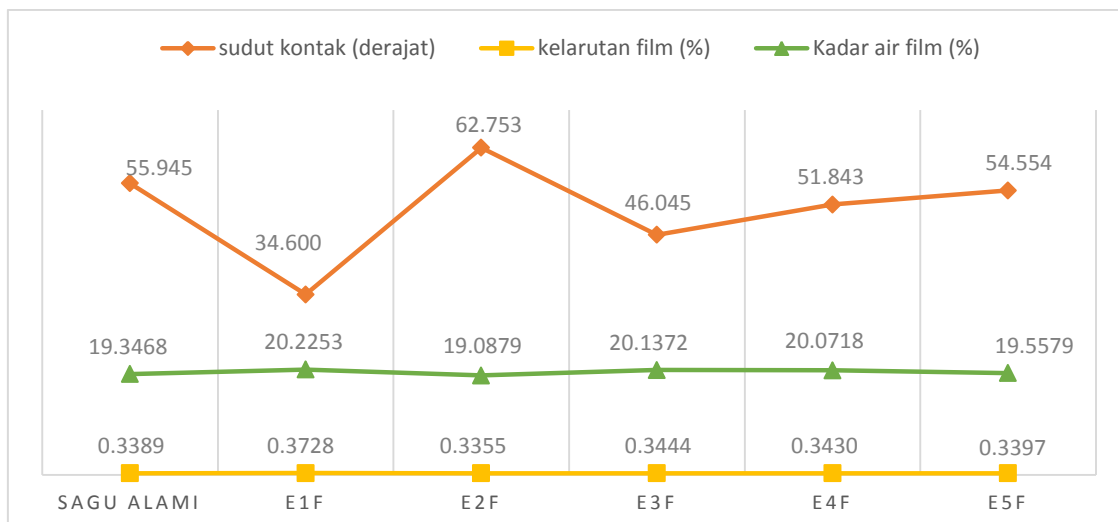
Gambar 2. Spektra FT-IR edible film yang terbuat dari pati sagu alami dan termodifikasi

Rendahnya intensitas serapan gugus hidroksil dapat memberikan indikasi bahwa edible film tersebut bersifat hidrofobik, tetapi konfirmasi terhadap sifat hidrofobisitas juga harus ditunjang dengan data hasil uji sudut kontak, kelarutan, dan kadar air (Gambar 3). Semakin tinggi sifat hidrofobisitas edible film maka nilai sudut kontak semakin besar sedangkan kadar air dan kelarutan dalam airnya semakin rendah.

Pengukuran sudut kontak pada suatu film dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofilik atau hidrofobik. Semakin besar nilai sudut kontak maka sifat permukaan bahan (film) tersebut semakin hidrofobik. Berdasarkan Gambar 3, hanya

sudut kontak sampel E2f yang lebih tinggi dibandingkan dengan edible film dari sugu alami, yaitu 62,753 derajat sedangkan sampel yang lain memiliki sudut kontak yang lebih rendah. Penelitian serupa juga menyatakan bahwa edible film dari pati sugu termodifikasi

menggunakan metode asetilasi (Sondari 2019), oksidasi (Sondari et al. 2018) dan presipitasi dengan pelarut butanol (Ningrum et al. 2020) memiliki sudut kontak yang lebih besar dibandingkan dengan edible film dari pati sugu alami.

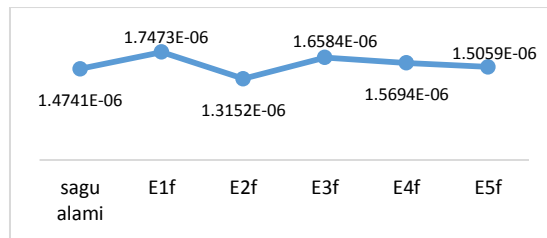


Gambar 3. Hasil uji sudut kontak, kadar air, dan kelarutan edible film dari sugu murni dan sugu termodifikasi

Hasil uji kadar air dan kelarutan edible film menunjukkan bahwa hanya sampel E2f yang memiliki persentase lebih rendah dibandingkan dengan edible film dari sugu alami sedangkan sampel yang lain memiliki persentase yang lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses presipitasi pati sugu menggunakan etanol berpengaruh terhadap sifat hidrofobisitas edible film, Diman waktu presipitasi optimum adalah 2 jam. Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian Polnaya et al. (2015) yang menyatakan bahwa penggunaan hidoksi propil pati sugu (pati sugu termodifikasi) dapat menghasilkan edible film dengan sifat kelarutan dalam air dan WVTR yang lebih rendah dibandingkan dengan edible film dari pati sugu alami. Sondari et al. (2018) juga membuktikan bahwa edible film yang dibuat dari pati sugu yang teroksidasi memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan dengan edible film dari pati sugu alami, akan tetapi penambahan gliserol lebih dari 1% mampu meningkatkan kadar air edible film.

Pengujian WVP (*Water Vapor Permeability*) dilakukan untuk mengetahui nilai permeabilitas uap air pada masing-masing variasi film. Semakin besar nilai WVP maka kualitas edible film tersebut semakin buruk karena mudah menyerap uap air (Othman et al. 2017). Berdasarkan Gambar 4, edible film yang memiliki nilai WVP terendah adalah

sampel E2f sedangkan yang tertinggi adalah sampel E1f. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya WVP antara lain adalah ketebalan (Escamilla-Garcia et al. 2017), kelembapan dan temperatur (Othman et al. 2017).



Gambar 4. Hasil uji WVP edible film dari sugu murni dan sugu termodifikasi

Sifat hidrofobisitas sangat penting untuk diperhatikan, terutama dalam bidang kemasan pangan. Kemasan yang baik ialah yang tidak toxic, *biodegradable*, serta mampu mempertahankan mutu atau kualitas bahan pangan selama masa penyimpanan karena bersifat antimicrobial serta dapat mengontrol permeabilitas gas dan uap air (Aguirre-joya et al. 2017). Pati memiliki banyak gugus hidroksi sehingga mudah berikatan dengan air melalui ikatan hydrogen (Alcázar-alay and Meireles 2015) sehingga perlu dilakukan proses modifikasi untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas dan menurunkan sifat permeabilitas uap airnya.

Uji mekanik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji ketebalan film, uji tarik dan uji elongasi. Ketebalan film merupakan salah satu sifat yang perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap kemampuan film dalam menghalangi uap air atau oksigen yang kontak dengan bahan pangan yang dilapisinya (bertindak sebagai *barrier*). Film yang baik untuk kemasan pangan adalah yang kuat, dan

elastis. Sampel edible film yang diperoleh dari penelitian ini memiliki ketebalan 0,12 – 0,1767 mm, dimana ketebalan sampel E1f adalah yang terendah. Berdasarkan Japanese Industrial Standard (JIS), standar ketebalan maksimum untuk edible film adalah 0,25 mm (Ningrum et al. 2020) sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel edible film hasil dari penelitian ini memenuhi standar JIS.

Tabel 1. Sifat mekanik edible film dari pati sagu dan pati sagu termodifikasi

Kode Sampel	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (N/mm ²)	Elongasi (%)
Sagu alami	0,1367 ± 0,01	4,0078 ± 0,03	858,925 ± 63,18
E1f	0,12 ± 0,01	3,3769 ± 0,42	47,1092 ± 5,58
E2f	0,15 ± 0,00	4,3654 ± 0,07	31,3957 ± 3,45
E3f	0,1467 ± 0,02	3,8907 ± 0,03	51,9148 ± 8,37
E4f	0,1767 ± 0,02	2,8932 ± 0,07	36,3846 ± 0,68
E5f	0,1567 ± 0,01	3,0119 ± 0,12	45,7244 ± 2,66

Uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik sampel edible film sedangkan uji elongasi bertujuan untuk mengetahui pemanjangan (elastisitas) suatu film. Semakin tinggi nilai uji tarik maka film tersebut semakin kuat sedangkan semakin tinggi persen elongasi maka film tersebut semakin elastis. Suatu edible film yang diperuntukkan sebagai kemasan produk pangan harus memiliki kekuatan tarik yang sesuai standar agar dapat melindungi bahan pangan ketika proses penanganan, pengangkutan, dan pemasaran dilakukan (Aguirre-joya et al. 2017). Menurut Khairunnisa et al (2018), edible film yang memiliki kuat tarik yang tinggi dapat digunakan sebagai kemasan produk yang membutuhkan proteksi tinggi, seperti botol minuman sedangkan edible film yang memiliki kuat tarik yang rendah dapat digunakan sebagai kemasan produk makanan ringan, seperti permen, mie instan, snack, dll. Persen elongasi pada edible film juga merupakan sifat yang harus diperhatikan karena berpengaruh terhadap integritasnya ketika diaplikasikan pada produk makanan.

Edible film yang diperoleh dari penelitian ini memiliki nilai kuat Tarik 2,8923-4,3654 N/mm² sedangkan persen elongasinya adalah 858,925% untuk edible film dari sagu alami dan 31,3957-51,9148 % untuk edible film dari sagu termodifikasi (Tabel 1). Kuat Tarik dipengaruhi oleh adanya ikatan inter dan antarmolekul yang dibentuk oleh senyawa-senyawa penyusun edible film. Sampel E2f memiliki nilai kuat tarik yang paling besar dibandingkan dengan sampel edible film lainnya.

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya keelastisitasan suatu polimer (edible film) adalah banyaknya gugus hidroksil yang terkandung di dalamnya. Atom oksigen pada gugus –OH dapat membentuk ikatan tunggal (sigma) dengan atom lain sehingga molekul tersebut dapat berotasi secara

berkesinambungan, akibatnya senyawa polimer tersebut bersifat elastis dan fleksibel (Ningrum, Setiadji, and Trisunaryanti 2016). Semakin banyak gugus hidroksil maka persen elongasi (keelastisitasan) semakin besar. Berdasarkan hasil analisis FTIR (Gambar 2), E1f memiliki intensitas serapan gugus –OH terbesar, diikuti oleh edible film dari sagu alami (KOf), baru kemudian E3f. Akan tetapi hasil uji persen elongasi menunjukkan yang sebaliknya, KOf memiliki hasil tertinggi, diikuti oleh E3f baru kemudian E1f. Hasil serupa juga diperoleh dari penelitian Fazilah et al. (2011) bahwa persen elongasi edible film dari pati sagu-alginat lebih tinggi dibandingkan pati sagu-alginat termodifikasi (penambahan CaCl₂). Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat faktor lain yang mempengaruhi besarnya sifat mekanik (kuat Tarik, persen elongasi, dan modulus Young) pada polimer berbasis pati, yaitu rasio amilosa dan amilopektin (Escamilla-Garcia et al. 2017), panjang rantai amilo-pektin, jenis dan ukuran partikel pati (Cornejo-ramírez et al. 2018) serta interaksi pati-plasticizer (Shah et al. 2016).

Menurut Japanese Industrial Standard (JIS), standar minimum kuat Tarik untuk edible film adalah 3,92 MPa sedangkan untuk persen elongasi, edible film tergolong berkualitas buruk jika persen elongasinya kurang dari 10% dan tergolong berkualitas sangat baik jika persen elongasinya lebih dari 50% (Ningrum et al. 2020). Dengan demikian, edible film yang memenuhi standar kuat Tarik JIS adalah yang terbuat dari sagu alami (KOf) dan sagu termodifikasi etanol 2 jam (E2f) sedangkan sampel yang lain memiliki nilai kuat tarik dibawah standar. Persen elongasi yang dimiliki oleh semua sampel edible film yang terbuat dari sagu termodifikasi tergolong baik dan hanya sampel E3f dan edible film dari sagu alami yang tergolong sangat baik.

KESIMPULAN

Edible film yang dibuat dari pati sagu termodifikasi memiliki sifat fisika-kimia yang berbeda-beda tergantung dari proses modifikasi yang dilakukan. Proses modifikasi pati sagu yang dilakukan adalah menggunakan metode presipitasi dengan pelarut etanol selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Waktu presipitasi yang optimum adalah 2 jam karena ketika diaplikasikan untuk pembuatan edible film, mampu menghasilkan edible film dengan sifat hidrofobik dan kuat tarik yang tinggi tetapi nilai WVP dan persen elongasinya rendah. Sifat hidrofobik dapat dilihat dari besarnya nilai sudut kontak serta rendahnya persentase kadar air dan kelarutan dalam air.

Sampel E2f merupakan edible film yang memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan edible film yang terbuat dari sagu alami (KOf). E2f memiliki nilai sudut kontak tertinggi tetapi kadar air, kelarutan dalam air, dan WVP terendah dibandingkan dengan edible film yang terbuat dari pati sagu alami ataupun dari pati sagu termodifikasi yang lain. Sampel E2f juga memiliki nilai kuat tarik tertinggi tetapi persen elongasinya paling rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel E2f bersifat kuat tetapi kurang elastis. Sifat elastisitas pada edible film dapat ditingkatkan dengan menaikkan konsentrasi *plasticizer* pada proses pembuatan edible film.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan pendanaan riset melalui Program INSINAS Tahun Anggaran 2019 dengan no kontrak 053/P/RPL-LIPI/INSINAS-1/IV/2019 dan *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLab) Pusat Penelitian Biomaterial LIPI yang memfasilitasi pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdorreza, Mohammadi Nafchi, and Alias Abd Karim. 2013. "Mechanical , Barrier , Physicochemical , and Heat Seal Properties of Starch Films Filled with Nanoparticles." *Journal of Nano Research* 25: 90–100. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.25.90>.
- Aguirre-joya, Jorge A, Miguel A De Leonzapata, Olga B Alvarez-perez, Cristian Torres-león, Diana E Nieto-oropeza, Janeth M Ventura-sobrevilla, Miguel A Aguilar, et al. 2017. *Chapter 1 - Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. Food Packaging and Preservation*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9/00001-4>.
- Alcázar-alay, Sylvia Carolina, and Maria Angela Almeida Meireles. 2015. "Physicochemical Properties , Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources." *Food Science and Technology* 35 (2): 215–36.
- Artanti Putri, Rr. Dewi, Maulana Akhsan Yoga Pangestu, and Muhammad Husein. 2020. "Physical Properties of Edible Film from Tilapia Bones (*Oreochromis niloticus*) with Addition of Caragenan (*Kappaphycus alvarezii*)." *Proceeding of the 7th Engineering International Conference on Education, Concept and Application on Green Technology (EIC 2018)*, no. Eic 2018: 413–20. <https://doi.org/10.5220/0009012304130420>.
- Basiak, Ewelina, Andrzej Lenart, and Frederic Debeaufort. 2018. "How Glycerol and Water Contents Affect the Structural and Functional Properties of Starch-Based." *Polymers* 10 (412): 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym10040412>.
- Cornejo-ramírez, Yaeel Isbeth, Oliviert Martínez-cruz, Carmen Lizette Del Toro-Sanchez, Francisco Javier Wong-corrall, Jesús Borboa-flores, and Francisco Javier Cinco-moroyoqui. 2018. "The Structural Characteristics of Starches and Their Functional Properties." *CyTA - Journal of Food* 16 (1): 1003–17. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>.
- Escamilla-Garcia, Monserrat, Andrea Reyes-Basurto, Blanca E. Garcia-Almendarez, Elvia Hernandez-Hernandez, Georgina Calderon-Dominguez, Giovanna Rossi-Marquez, and Carlos Regalado-Gonzalez. 2017. "Modified Starch-Chitosan Edible Films : Physicochemical and Mechanical Characterization." *Coatings* 7 (224): 1–15. <https://doi.org/10.3390/coatings7120224>.
- Fazilah, A, M Maizura, A Abd Karim, K Bhupinder, B Rajeev, U Uthumporn, and S.H Chew. 2011. "Physical and Mechanical Properties of Sago Starch – Alginate Films Incorporated with Calcium Chloride." *International Food Research Journal* 18 (3): 1027–33.
- Indrianti, Novita, Yudi Pranoto, and Akmadi

- Abbas. 2018. "Preparation and Characterization of Edible Films Made from Modified Sweet Potato Starch through Heat Moisture Treatment." *Indonesian Journal of Chemistry* 18 (4): 679–87.
<https://doi.org/10.22146/ijc.26740>.
- Khairunnisa, Salma, Junianto, Zahidah, and Iis Rostini. 2018. "The Effect of Glycerol Concentration as a Plasticizer on Edible Films Made from Alginate towards Its Physical Characteristic." *World Scientific News* 112 (September): 130–41.
- Molavi, Hooman, Somayyeh Behfar, Mohammad Ali Shariati, Mehdi Kaviani, and Shirin Atarod. 2015. "A Review On Biodegradable Starch Based Film." *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences (JMBFS)* 4 (5): 456–61.
<https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.5.456-461>.
- Ningrum, Riska Surya, Bambang Setiadji, and Wega Trisunaryanti. 2016. "Preparation of Heat-Adsorbing Materials from Coconut Shell-Tar." *Journal Lignocellulose Technology* 01: 26–31.
- Ningrum, Riska Surya, Dewi Sondari, Putri Amanda, Bernadeta Ayu Widyaningrum, Dian Burhani, Fazhar Akbar, and Yulianti Sampora. 2020. "Properties of Edible Film from Modified Sago Starch Precipitated by Butanol." *Jurnal Sains Materi Indonesia* 21 (4): 164–69.
- Othman, Siti Hajar, Siti Amirah Mohammad Edwal, Nazratul Putri Risyon, Roseliza Kadir Basha, and Rosnita A Talib. 2017. "Water Sorption and Water Permeability Properties of Edible Film Made from Potato Peel Waste." *Food Science and Technology* 37: 63–70.
- Polnaya, Febby J, Josefina Talahatu, Haryadi, and Djagal W Marseno. 2015. "Properties of Biodegradable Films from Hydroxypropyl Sago Starches." *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5 (3): 183–92.
- S, Abdul Khalil H P, Suk Wy Yap, F A T Owolabi, M K M Haafiz, Fazita M.R, Deepu A Gopakumar, Hasan M, and Samsul Rizal. 2019. "Techno-Functional Properties of Edible Packaging Films at Different Polysaccharide Blends." *Journal of Physical Science* 30 (1): 23–41.
- Shah, Umar, Farah Naqash, Adil Gani, and F A Masoodi. 2016. "Art and Science behind Modified Starch Edible Films and Coatings: A Review." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15:568–80.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12197>.
- Sondari, Dewi. 2019. "Modification of Sago Starch for Edible Coating." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/543/1/012013>.
- Sondari, Dewi, Faizatul Falah, Riska Suryaningrum, Fahriya Puspita Sari, Athanasia Amanda Septefani, Witta Kartika Restu, and Yulianti Sampora. 2019. "Biofilm Based on Modified Sago Starch: Preparation and Characterization." *Reaktor* 19 (3): 125–30.
- Sondari, Dewi, Evi Triwulandari, Muhammad Ghozali, Yulianti Sampora, Imad Iltizam, and Nanang Masruchin. 2018. "THE EFFECT OF OXIDATION ON SAGO STARCH AND ITS APPLICATION AS EDIBLE FILM." *Jurnal Sains Materi Indonesia* 20 (1): 1–7.
- Sumardiono, Siswo, Rizki B. Rakhmawati, and Isti Pudjiastuti. 2018. "Physicochemical and Rheological Properties of Sago (Metroxylon Sagu) Starch Modified with Lactic Acid Hydrolysis and UV Rotary Drying." *AJChE* 18 (2): 41–53.
- Togas, Christmas, Siegfried Berhimon, Roike Iwan Montolalu, Henny Adeleida Dien, and Feny Mentang. 2017. "Karakteristik Fisik Edible Film Komposit Karaginan Dan Lilin Lebah Menggunakan Proses Nanoemulsi." *JPHPI* 20 (3): 468–77.
- Ulyarti, U, N Nazarudin, Surhaini, Lisani, R Ramadon, and P. Lumbanraja. 2020. "Cassava Starch Edible Film with Addition of Gelatin or Modified Cassava Starch." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 515:1–6.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012030>.
- Xie, Fengwei, Eric Pollet, Peter J Halley, and Luc Avérous. 2013. "Starch-Based Nano-Biocomposites." *Progress in Polymer Science*, 39.
<https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.002>.