

KARAKTERISASI *EDIBLE COATING* DARI MODIFIKASI PATI SAGU DENGAN METODA *CROSS LINK*

CHARACTERIZATION OF *EDIBLE COATING* FROM MODIFIED SAGO STARCH WITH *CROSS LINK METHOD*

Dewi Sondari* dan Imad Iltizam

Research Center for Chemistry-LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, South Tangerang, Banten Province 15314
Email :sondaridewi@gmail.com

Makalah: Diterima 10 September 2018; Diperbaiki 2 Desember 2018; Disetujui 12 Desember 2018

ABSTRACT

This study aims to make edible coating of native sago and modified sago by crosslink method and analyze physicochemical properties. Analysis of swelling power, amylose content, fat content, protein content, degree of substitution, and gelatinization temperature have been performed against native starch and modified starch. Furthermore, the identification of organic compounds on natural starch and modified starch was carried out by Fourier Transform Infrared (FTIR) and structural morphology of starch using Scanning Electron Microscopy (SEM). Analysis of edible coatings includes mechanical properties, moisture content, and film morphology using SEM. The results showed that the starch modified by crosslink method has physicochemical properties better than the native starch.

Keywords :cross link, sago, physicochemical property, modified starch, edible coating

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *edible coating* dari sago alami dan sago yang dimodifikasi secara *cross link* serta menganalisis sifat fisika kimianya. Analisis terhadap *swelling power*, kadar amilosa, kadar lemak, kadar protein, derajat substitusi, dan temperatur gelatinisasi telah dilakukan terhadap pati alami dan pati yang telah di modifikasi. Selanjutnya identifikasi senyawa organik terhadap pati alami dan pati yang dimodifikasi dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan morfologi struktur dari pati menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisis terhadap *edible coating* meliputi sifat mekanik, kadar air, dan morfologi *film* menggunakan SEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi secara *cross link* menghasilkan pati yang mempunyai sifat fisika kimia lebih baik dari pati alaminya.

Kata kunci :*cross link*, sago, SEM, FTIR, modifikasi pati, *edible coating*

PENDAHULUAN

Sagu merupakan salah satu tanaman yang bernilai ekonomis tinggi dan mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan pangan. Pada industri pangan tepung sago mulai digunakan sebagai bahan untuk pembuatan roti, biskuit mie (*noodle*), sohun, kerupuk, hunkue, bihun dan lain-lain, sebagai pengganti penggunaan tepung terigu, tapioka, atau tepung beras. Penggunaan pati dalam industri memiliki keterbatasan diantaranya memerlukan waktu pemasakan yang lama serta pasta yang terbentuk keras dan tidak bening. Retrogradasi dan sineresis yang tinggi, ketahanan panas dan kelarutan yang rendah, dan tidak tahan terhadap kondisi asam merupakan beberapa kendala dalam penggunaan pati. Untuk meningkatkan sifat-sifat fisik-kimia dari pati maka dilakukan modifikasi pati (Mirmoghtadaie *et al.*, 2009; Cock, 1982; Miyazaki *et al.*, 2006).

Pati termodifikasi adalah pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik dari sifat sebelumnya, dengan cara mengubah gugus hidroksil

melalui suatu reaksi kimia seperti esterifikasi, serifikasi atau oksidasi (Singh *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2007). Sifat-sifat yang diinginkan dari pati yang dimodifikasi antara lain memiliki viskositas yang stabil pada suhu tinggi dan rendah, daya tahan terhadap “sharing” mekanis yang baik serta mempunyai sifat sebagai pengental yang tahan terhadap kondisi asam dan suhu sterilisasi (Diab *et al.*, 2001; Abdorreza *et al.*, 2012). Oksidasi pati merupakan salah satu bentuk modifikasi kimia, dan menjadi metode modifikasi yang penting dan banyak digunakan. Hal ini disebabkan pati yang dihasilkan memiliki viskositas yang rendah, stabilitas pasta yang tinggi, sifat ikatan dan pembentukan film yang baik serta kejernihan yang lebih tinggi (Rivera *et al.*, 2005). Pati teroksidasi juga dapat diaplikasikan secara lebih luas dalam berbagai industri seperti kertas, tekstil, laundry, serta sebagai bahan pelapis permukaan (Kuakpetoon dan wang, 2006).

Selain sebagai bahan baku industri, pati telah banyak juga digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan pelapis layak makan (*edible coating*). karena bersifat *biodegradable*, bahan baku mudah diperoleh, harga murah dan

ramah lingkungan serta meningkatnya permintaan konsumen untuk makanan yang aman pangan (*food grade*), selain itu, pati dapat membentuk film (*film forming*) yang kuat dan transparan (Teressa dan Silva, 2011; Chopin *et al.*, 2014).

Penelitian modifikasi pati sagu secara *cross link* bertujuan untuk meningkatkan sifat fungsional dan sifat mekanik dari pati sagu, sehingga pati yang dihasilkan mempunyai sifat kelarutan yang tinggi, *swelling power* yang rendah, granula pati yang lebih mudah pecah, serta waktu, suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, elongasi dan tensile strength yang kuat.

Ruang lingkup yang dilakukan dalam penelitian ini adalah karakterisasi pati sagu alami, modifikasi pati sagu secara *cross link* dengan variasi konsentrasi natrium asetat sebagai agen *cross link*, karakterisasi pati yang di modifikasi, pembuatan *edible coating* dari pati sagu alami dan pati yang di modifikasi dan karakterisasinya.

Agen *cross link* yang biasa digunakan dalam modifikasi pati biasanya adalah POCl₃ (Phosphorus Oxychloride), STMP (Sodium trimetaphosphate) dan EPI (Epichlorohyde). Dalam penelitian ini akan digunakan agen *cross link* natrium asetat selain mudah didapat juga harga lebih murah dibandingkan agen *cross link* lainnya. Hasil modifikasi pati dengan natrium asetat diharapkan diperolehnya pati modifikasi natrium.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Sagu, natrium hidroksida, natrium asetat, silikon oksida, amilosa, kalium sulfat, indikator phenolphthalein, n-heksan (Merck, Darmstadt, Germany). Gliserol, cawan porselen, cawan petridish, furnace, oven, desikator, alat sokletasi, alat instrumen spektrofotometer UV-Vis, SEM HITACHI SU3500, contact angle meter model CAM-PLUS MICRO (Tantec Inc., USA), FTIR Prestige 21 Shimadzu.

Metodologi

Modifikasi Sagu Metoda Cross Link

Pati sagu ditambahkan aquades dan silikon oksida diaduk selama 5 menit, kemudian ditambahkan larutan natrium hidroksida dan diaduk selama 20 menit. Setelah itu ditambahkan agen *cross link* natrium asetat dengan variasi 10%, 15%,

20% dan 25% dari berat pati dan diaduk selama 15 menit, kemudian dipanaskan di water bath dengan suhu 40°C selama 1 jam, kemudian disaring dan keringkan dalam oven suhu 50°C selama 3 jam (Akpa, 2012).

Pembuatan Edible film

Sampel sagu murni dan sagu yang di modifikasi dengan metoda *cross link*. Agen *cross link* yang digunakan natrium asetat dengan variasi 1,0-2,5%. Pati sagu ditambah aquades kemudian larutan dipanaskan dalam water bath, setelah terbentuk gel ditambahkan gliserol sampai homogen, setelah dingin ditimbang dan dituang kedalam cawan petri sebanyak 10 gram dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam (Moreno, 2017).

Karakterisasi

Karakterisasi terhadap sagu murni dan sagu yang sudah di modifikasi secara oksidasi meliputi kadar air, kadar lemak dan kadar abu dilakukan berdasarkan metode Nielsen, S (2017), kadar amilosa berdasarkan metode Northrop (1926), kelarutan dan *swelling power* dilakukan berdasarkan metode Senanayake *et al.* (2013), dan suhu gelatinisasi dilakukan berdasarkan metode Akpa *et al.* (2012). Analisis gugus fungsional pati sagu murni dan sagu yang modifikasi menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹, dilakukan di laboratorium Pusat penelitian Kimia LIPI. Analisis morfologi pati sagu murni dan modifikasi menggunakan mikroskop elektron scanning (SEM) HITACHI SU3500 dilakukan di Pusat Penelitian Fisika LIPI. Analisis kadar air pada edible film dilakukan dengan metoda (Moreno *et al.*, 2017), sudut kontak dengan metoda metode Ballesterosa *et al.* (2018) dilakukan di SBRC IPB, SEM, tensile strength dan elongasi dilakukan terhadap edible coating.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Modifikasi

Pati sagu alami dan pati sagu yang dimodifikasi secara *cross link* telah diidentifikasi sifat fisika kimianya seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika kimia pati sagu alami dan pati sagu modifikasi

Analisa	Sagu murni	Modifikasi <i>cross link</i> sagu			
		10%	15%	20%	25%
Kadar air (%)	11,46	14,82	14,13	14,11	13,39
Kadar abu (%)	1,04	0,28	0,51	0,94	0,86
Kadar amilosa (%)	25,85	21,50	22,16	22,80	22,64
Suhu gelatinisasi (°C)	68	78	78	78	79
Kelarutan (%)	0	21,92	41,14	42,05	50,1
<i>Swelling power</i> (%)	15,13	5,56	6,59	6,34	6,26

Hasil pada Tabel 1. menunjukkan bahwa modifikasi dengan *cross-linking* meningkatkan kadar air dari pati. Pati yang dimodifikasi dengan natrium asetat menggunakan katalis natrium hidroksida memiliki kandungan air tertinggi 14,82%. Kadar air dalam sampel tidak melebihi batas maksimum yang diperbolehkan, dimana batas maksimum yang diijinkan untuk kelembaban dalam tepung pati adalah 14%-15% (Austin, 1984; Winarno, 1989). Kadar air yang tinggi mendorong pertumbuhan organisme yang menyebabkan bau dan rasa tidak enak pada pati. Menurut Winarno (1989) kadar bahan pangan dengan kadar air kurang dari 15% tergolong bahan pangan kering. Kadar air pada penelitian ini lebih tinggi daripada kadar air yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Mahmut dan Sosulski, 2004; Huang *et al.*, (2007); Akpa *et al.*, 2012). Menurut Yuliasih (2008) menyatakan bahwa komposisi kimia, sifat fisik maupun sifat fungsional pati, di antaranya pati sagu dipengaruhi oleh daerah atau tempat dimana sumber pati tersebut tumbuh. Selain kondisi diatas, diduga adanya perbedaan lama waktu pengeringan dan kondisi penyimpanan sebelum analisa mempengaruhi kadar air suatu bahan pangan. Fellow (2000) menerangkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan suatu bahan pangan adalah kadar air awal bahan, kelembaban lingkungan, dan media perantara pemindahan panas.

Kandungan abu dalam sampel merupakan senyawa anorganik yang tidak mudah menguap pada pati sagu setelah mengalami dekomposisi pada suhu tinggi dan berhubungan dengan unsur mineral yang terdapat dalam bahan. Modifikasi dengan *cross-link* meningkatkan kadar abu dari pati (Alejandro *et al.*, 2008). Kadar abu dari pati sagu yang dimodifikasi dengan *cross link* lebih besar dari kadar abu pati sagu alami, terjadinya peningkatan kadar abu disebabkan oleh kehadiran natrium yang berasal dari agen *cross link* natrium asetat dalam ke dalam granula pati dan berikatan dengan rantai polimer pati. Seperti yang dilaporkan Herlina (2010) menyatakan bahwa meningkatnya kadar abu pada pati yang dimodifikasi disebabkan karena natrium yang digunakan untuk bahan pemodifikasi.

Kadar amilosa dari pati sagu yang telah dimodifikasi mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena gugus OH pada amilosa diikat oleh senyawa natrium asetat sebagai agen *cross link* (Akpa *et al.*, 2012), sehingga sifat amilosa mengalami perubahan. Amilosa merupakan molekul yang berbentuk rantai lurus dan mempunyai gugus fungsional dengan posisi yang lebih terbuka, terutama gugus hidroksil (-OH) pada atom C nomor 2 sangat bebas dan sangat reaktif sehingga mudah bereaksi dengan senyawa lain (Van de Burgt *et al.*, 2000). Molekul amilosa merupakan bagian molekul yang amorf, sehingga gugus OH pada bagian amorf dua kali lebih mudah disubstitusi dengan gugus lain per unit anhidroglukosa dibandingkan dengan

amilopektin. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Lopez *et al.*, (2010) bahwa kadar amilosa pada pati yang dimodifikasi dengan menggunakan metode *cross link* lebih kecil dibandingkan dengan pati alaminya.

Suhu gelatinisasi pati merupakan suhu di mana pati membentuk gel transparan secara keseluruhan. Pada proses gelatinisasi terjadi pecahnya ikatan antar molekul-molekul pati dengan adanya air dan panas. Gelatinisasi pati membutuhkan banyak air dan penetrasi air ini meningkatkan keacakan dalam struktur pati. Semakin kuat ikatan antara molekul pati, semakin tinggi jumlah panas yang diperlukan untuk memecah ikatan antar-molekul dan semakin tinggi suhu gelatinisasi (Sodhi dan Singh, 2005). Modifikasi pati sagu dengan metoda *cross link* menambah kuatnya ikatan antar molekul sehingga granula pati semakin kuat dan stabil, hal ini menyebabkan meningkatnya temperature gelatinisasi pati, penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Acquarone dan Rao, 2003). Kecenderungan ini ditunjukkan pada Tabel 1 karena semua pati yang dimodifikasi memiliki suhu gel lebih tinggi daripada pati asli. Choi dan Kerr (2004) melaporkan hasil penelitian pati gandum dengan metoda *cross-link* meningkatkan suhu gelatinisasi. Peningkatan suhu gelatinisasi ini dipengaruhi oleh sumber botani pati, konsentrasi, jenis reagen *cross link* dan kondisi reaksi (Chel-Guerrero dan Betancur, 1998).

Menurut Hoover dan Sosulski, (1986), kelarutan dan *swelling power* pati dipengaruhi oleh jenis agen *cross link*. Dengan adanya ikatan silang antar molekul pati maka akan memperkuat ikatan hidrogen pada rantai pati menyebabkan berkurangnya pergerakan molekul patisehingga air sulit menembus kedalam granula pati (Wang dan Wang, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan kelarutan dan penurunan *swelling power* pada pati sagu yang di modifikasi dibandingkan dengan pati alami seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kemampuan mengembang (*swelling power*) berhubungan dengan komposisi amilopektin dan amilosa dalam suatu pati seperti yang disampaikan oleh Sasaki dan Masuki (1998) dan Srichowang *et al.* (2005). Semakin meningkat kadar amilosa, semakin tinggi kemampuan mengembang, sebagaimana hasil penelitian Davies *et al.*, (2008). Kadar amilosa pati sagu setelah di modifikasi secara *cross link* mengalami penurunan dibandingkan dengan pati sagu alami seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1, hal ini menunjukkan adanya korelasi dengan terjadinya penurunan *swelling power*.

Hasil dari modifikasi dengan *cross link* pada Tabel 1 menunjukkan peningkatan kelarutan semua pati yang dimodifikasi dengan pati modifikasi natrium asetat. Kelarutan tertinggi 50,1% pada konsentrasi agen *cross link* 25%, menunjukkan peningkatan keacakan dalam struktur pati dan

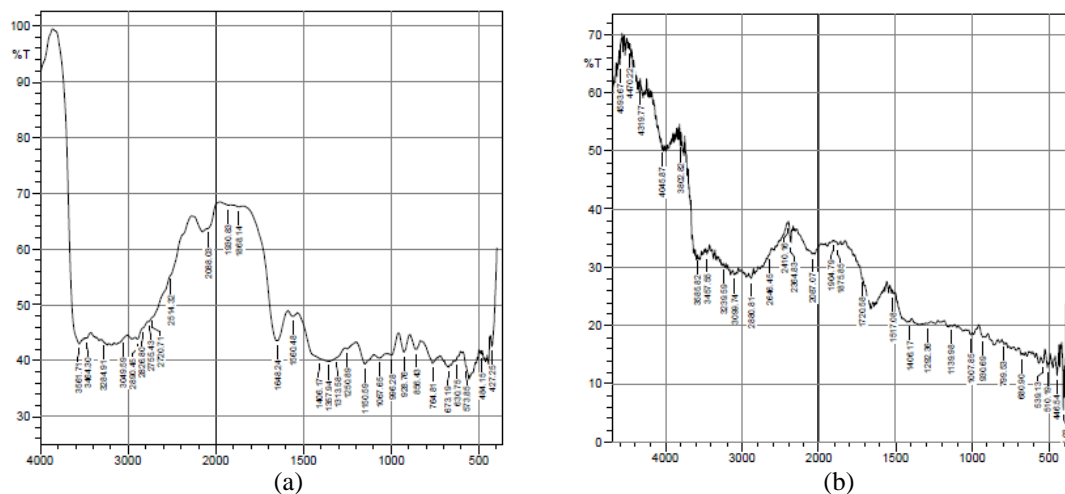
pecahnya butiran pati. Semakin tinggi konsentrasi agen *cross link* natrium asetat maka kelarutannya semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh banyaknya gugus OH yang disubstitusi, karena melemahnya ikatan hidrogen. Melemahnya ikatan hidrogen dalam pati menyebabkan air mudah masuk kedalam granula pati. Dengan semakin mudahnya air masuk maka kecenderungan membentuk ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air menjadi lebih besar. Ikatan hidrogen ini akan menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati tersebut mudah larut, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tedja *et al.* (2008). Pati sagu alami dan sagu yang telah di modifikasi melalui *cross link* diidentifikasi senyawa gugus fungsinya menggunakan FTIR.

Dari spektrum pada Gambar 1. terlihat adanyaserapan pada panjang gelombang 3561,71 cm^{-1} yang menunjukkan gugus -OH dari amilosa. Nampak gugus -C-O-C- pada puncak pada 1150,56 cm^{-1} , dan gugus karbonil pada puncak 1720,68 cm^{-1} yang menunjukkan terjadinya *crosslink* antara pati sagu dengan agen *cross link*. Pembuatan sagu yang modifikasi dipengaruhi oleh banyaknya agen pengikat silang yang digunakan. Hal ini disebabkan

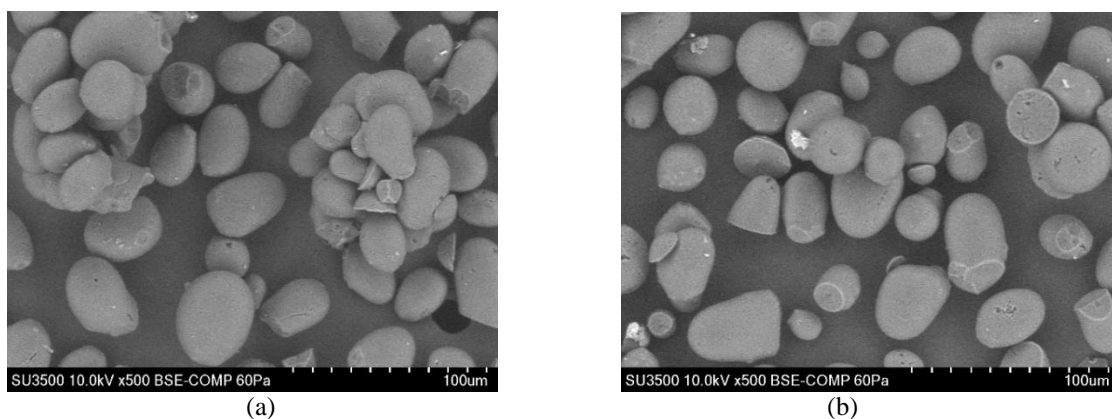
karena semakin banyak agen *cross link* yang digunakan maka semakin banyak gugus OH yang di substitusi, karena melemahnya ikatan hydrogen.

Analisis SEM dilakukan untuk melihat morfologi dari pati alami dan pati sagu hasil modifikasi seperti yang terlihat pada Gambar 2. Bentuk pati sagu alami dan pati sagu yang di modifikasi berbentuk granula-granula oval dan tidak mengalami perubahan yang berbeda. Hasil penelitian ini sejalan dengan peneliti Wurzburg (1989) yang menyatakan bahwa tidak terjadi perubahan pada bentuk granula pati yang telah dimodifikasi dengan menggunakan metode ikatan silang (*cross-link*).

Hasil modifikasi pati *cross link* meregangkan ikatan granula, hal ini dipengaruhi oleh jumlah natrium asetat sebagai agen *cross link*. Regangan ikatan ini sangatlah jelas terlihat karena pada pati sagu murni ikatan granula yang terbentuk masih terlihat sangat kuat. Kehadiran natrium asetat sebagai agen *cross-link* mengakibatkan depolimerisasi dan melemahnya struktur internal granula pati, akibatnya sifat fisikokimia dari pati dapat lebih baik dibanding dengan pati sagu murni (Garrido *et al.*, 2012).



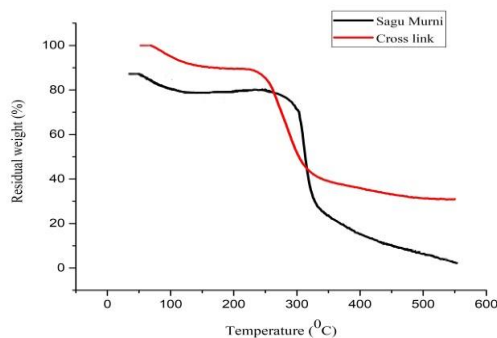
Gambar 1. Spektrum FTIR sagu alami (a), sagu modifikasi (b)



Gambar 2. Morfologi sagu alami (a), sagu modifikasi (b)

Pengaruh *cross link* pati pada stabilitas termal dipelajari dengan analisis termogravimetri (TGA). TGA kurva pati sagu alami dan pati sagu modifikasi ditunjukkan pada Gambar. 3. Pati sagu alami mulai terdegradasi pada 235°C dengan berat residu 80%, sedangkan pati sagu yang dimodifikasi *cross link* mulai terdegradasi pada 250°C dengan berat residu 90%. Pati sagu murni mulai kehilangan bobot massa pada suhu 100°C yang disertai dengan hilangnya air. Suhu awal terjadinya dekomposisi yaitu pada suhu 235-310°C yang menyebabkan fragmentasi pada unit-unit pati yang berikatan silang.

Pada suhu di bawah 300°C, pati sagu modifikasi *cross link* lebih rentan terhadap degradasi dibandingkan dengan pati alaminya, hal ini disebabkan karena pada pati sagu modifikasi kehadiran natrium dari agen *cross link* yang mudah terdegradasi. Sebaliknya, pada suhu lebih dari 300°C pati sagu yang di modifikasi lebih tahan terhadap degradasi termal daripada pati alami. Stabilitas termal pati modifikasi *cross link* yang tinggi disebabkan oleh adanya gugus ester. Hasil TGA menunjukkan bahwa modifikasi *cross link* pada pati dapat mengurangi stabilitas termal hingga suhu 300°C. Namun, stabilitas termal meningkat pada suhu lebih dari 300°C.



Gambar 3. Termogram dari pati sagu alami dan pati sagu modifikasi *cross link*

Cross-linking merupakan modifikasi pati yang berperan penting untuk meningkatkan sifat tahan panas dalam bahan *edible film*. *Edible film* yang tahan panas digunakan untuk pelapisan

makanan. Oleh karena itu, penting untuk mempelajari sifat termal dari pati sebelum dijadikan *edible film* (Abbas *et al.*, 2015).

Karakterisasi Edible film

Komponen penyusun *edible film* terdiri dari pati sagu alami dan pati sagu yang di modifikasi dan gliserol sebagai *plasticizernya* mempengaruhi terhadap sifat mekanik *edible film* yang dihasilkan. Sifat mekanik *edible film* yang dianalisa yaitu kuat tarik, elongasi dan ketebalannya. Karakterisasi *edible film* terhadap sifat mekanik dapat dilihat pada Tabel 2.

Perbedaan ketebalan antara film kemungkinan disebabkan komposisi agen *cross link* yang berbeda konsentrasinya pada formula film dari pati sagu yang dimodifikasi dan juga dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan. *Edible film* akan menjadi lebih tebal bila total padatan dengan jumlah yang lebih banyak. Hasil pengukuran ketebalan memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan ketebalan *film* dengan semakin besarnya jumlah agen *cross link* yang digunakan. Hasil ketebalan *edible film* dengan menggunakan agen *cross link* 10% adalah 0,10 mm, sedangkan pada agen *cross link* dengan variasi terbesar yaitu 25% menghasilkan ketebalan 0,12 mm. Semakin besar jumlah *cross link* yang digunakan, maka ketebalan *edible film* yang dihasilkan semakin besar, seperti terlihat pada Tabel 2.

Ketebalan berpengaruh terhadap penggunaan film pada produk yang akan dikemas karena akan mempengaruhi laju transmisi uap, gas, dan senyawa volatil serta sifat fisik lainnya seperti kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus *edible film* yang dihasilkan. Menurut McHugh dan Krochta (1993) dan Skurtys *et al.* (2006), ketebalan yang semakin meningkat (<0,250 mm) maka kemampuan penahan *edible film* akan semakin baik, sehingga umur simpan produk semakin panjang. *Edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki ketebalan yang telah memenuhi standar dari ketebalan *edible film* pada umumnya.

Tabel 2. Sifat mekanik *edible film* dari pati sagu alami dan pati sagu modifikasi *cross link*

Formula	Ketebalan (mm)	Elongasi (%)	Tensile strength (MPa)
Pati sagu murni	0,10	12,32	9,04
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 10%	0,10	15,02	9,22
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 15%	0,11	14,81	9,76
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 20%	0,12	14,42	10,35
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 25%	0,12	14,07	12,46

Pengaruh kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap ketebalan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 4. *Tensile strength* merupakan daya renggang maksimum yang dapat diterima *film* sampai putus. Hasil analisis *tensile strength edible film* berkisar antara 9,04 sampai dengan 12,46 MPa. Dapat dilihat bahwa konsentrasi agen *cross link* mempengaruhi kekuatan tarik dari *edible film*, *edible film* menjadi lebih transparan, homogeny dan tidak mudah patah, hal ini karena adanya ikatan silang yang dapat meningkatkan interaksi antar molekul-molekul amilosa membentuk ikatan hidrogen semakin kuat sehingga mengakibatkan matrik film akan menjadi lebih tebal, rapat, padat, dan kaku. Penelitian ini sejalan dengan Atichokudomchai *et al.* (2003) bahwa *tensile strength edible film* dipengaruhi oleh rigiditas film dan kuatnya ikatan hidrogen antar molekul-molekul amilosa sehingga struktur amilosa yang terbentuk mirip dengan siklodekstrin yang bersifat hidrofobik.

Elongasi berkaitan dengan rigiditas (kekakuan) film, apabila film tingkat rigiditas tinggi maka persen elongasi akan rendah seperti yang terlihat pada Tabel 2, sehingga dapat dikatakan persentase elongasi menunjukkan keelastisan suatu *edible film*. Krochta (1994) menyatakan bahwa persentase elongasi menentukan kemampuan *film* untuk meregang. Adanya interaksi antar molekul amilosa mengakibatkan *edible film* semakin rapat, padat dan kakusehingga tingkat elongasi dari *edible film* tidak terlalu besar. Hasil uji elongasi *edible film* dengan menggunakan agen *cross link* 10% adalah 15,02% sedangkan pada agen *cross link* dengan variasi 25% adalah 14,07%. Semakin besar jumlah agen *cross link* yang digunakan, maka elongasi *edible film* yang dihasilkan semakin kecil, seperti terlihat pada Tabel 3.

Kadar air *edible film* memberikan pengaruh terhadap penyimpanan bahan makanan karena akan memperpanjang masa simpannya dan menghambat aktifitas mikroorganisme (Diab *et al.*, 2001). Kadar air dipengaruhi oleh sifat hidrofobisitas *edible film*-

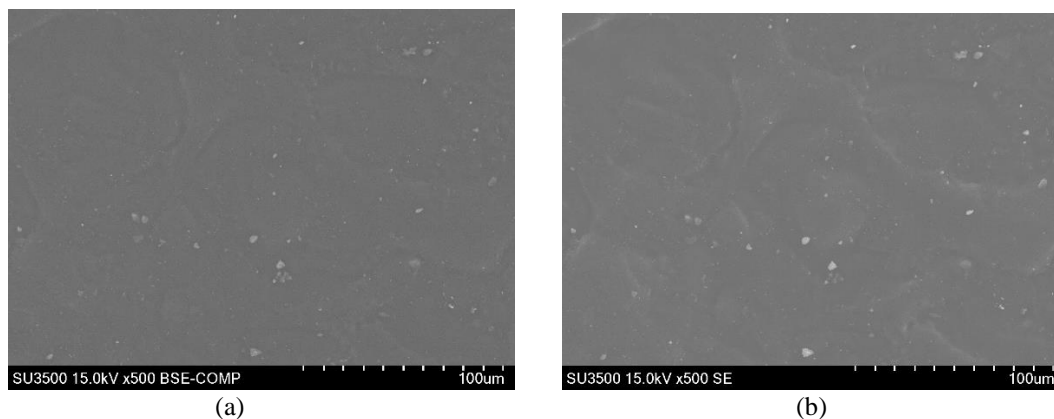
nya, semakin hidrofobis maka kadar air akan semakin kecil. Pada pati sagu yang dimodifikasi secara *cross link*, terjadinya ikatan silang antar molekul amilosa menyebabkan ikatan hidrogen antar dan inter molekul pati semakin kuat sehingga meningkatkan sifat hidrofobisitas terhadap *edible film*. Hal ini sejalan dengan penelitian Watanabe *et al.* (1966) dan Pereira *et al.* (2009).

Tabel 3. Kadar air dan sudut kontak *edible film* dari pati sagu alami dan pati sagu modifikasi *cross link*

Formula	Kadar air (%)	Sudut kontak (%)
Pati sagu murni	0,33	27,43
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 10%	0,31	38,92
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 15%	0,30	50,12
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 20%	0,28	53,96
Sagu modifikasi <i>cross link</i> 25%	0,23	67,75

Sudutkontak (CA) merupakan parameter yang digunakan untuk memperkirakan ketahanan film terhadap air, dan menunjukkan hidrofobisitas dari permukaan film (Phan *et al.*, 2005). *Edible film* dari pati sagu yang di modifikasi *cross link* mempunyai sudut kontak yang lebih tinggi daripada *edible film* pati sagu alami. Sudut kontak meningkat secara signifikan dengan penambahan agen *cross link* yang mungkin disebabkan hidrofobisitas agen *cross link*.

Dari Gambar 4. nampak bahwa morfologi dari *edible film* dari pati sagu murni alami dan pati sagu yang di modifikasi dengan metoda *cross link* tidak jauh berbeda, yaitu menunjukkan permukaan yang halus. *Edible film* pati murni dan modifikasi homogen tanpa pori-pori atau retakan dan molekul pati telah terdispersi dengan baik (Garg dan Jana, 2007).



Gambar 4. Morfologi *edible film* pati sagu alami (a) dan pati sagu modifikasi *cross link* (b)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut: Munculnya peak gugus karbonil pada panjang gelombang $1720,68\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa telah terjadi modifikasi pati sagu dengan metoda *cross link*.

Modifikasi pati menunjukkan perbaikan terhadap sifat kimiafisik diantaranya meningkatnya suhu gelatinisasi pada pati sagu murni 68°C menjadi 79°C , meningkatnya kelarutan pati menjadi 50,1%, dan menurunnya *swelling power* dari 15,13% menjadi 6,26%. Pengaruh *crosslink* pati pada stabilitas termal menunjukkan bahwa pada suhu lebih dari 300°C pati sagu yang di modifikasi lebih tahan terhadap degradasi termal daripada pati alami.

Agen *cross link* mempengaruhi sifat mekanik dari edible film, kekuatan tarik dari *edible film* meningkat menjadi 12,46 MPa dari 9,04 MPa, dan elongasi meningkat dari 12,32% menjadi 14,07%. *edible film* lebih transparan, homogen dan tidak mudah patah.

Sudut kontak yang tinggi dari pati sagu yang dimodifikasi (67,75%) merupakan sifat yang diinginkan pada *edible coating* karena film bersifat hidrofobis, sehingga pada saat digunakan sebagai pelapis bahan pangan akan meningkatkan umur simpan dan menghambat pertumbuhan mikroba.

Saran

Perlu penelitian lanjutan mengenai modifikasi pati dengan metoda *cross link* untuk melihat pengaruh konsentrasi natrium asetat sebagai agent *cross link*, waktu dan suhu proses sehingga diperoleh kondisi optimum yang akan mempengaruhi terhadap karakteristik pati sagu dan *edible coating* yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kementerian Riset dan Teknologi DIKTI yang telah memberikan dana penelitian melalui INSINAS 2018.

DAFTAR PUSTAKA

Abdorrezza MN, Robal M, Cheng LH, Tajul AY, Karim AA. 2012. Physicochemical, thermal, and rheological properties of acid-hydrolyzed sago (Metroxylon sagu) starch. *Journal Food Science and Technology*. 46: 135-141.

Abbas A, Hussain M, Amin M, Paracha R, Ameer M dan Hussain M. 2015. Green synthesis, thermal analysis and degradation kinetics of cross-linked potato starch. *Journal Chemical Society Pakistan*. 37(2):277-283.

Acquarone VM dan Rao MA. 2003. Influence of sucrose on the rheology and granule size of

cross-linked waxy maize starch dispersions heated at two temperatures. *Carbohydrate Polymers*. 51:451-458.

- Akpa, Gunorubon J, Dagde, Kekpugile K. 2012. Modification of cassava starch for industrial use.) *International Journal Engineering & Technology*. 2: 913-919.
- Alejandro A, Felipe G, Francisco J, Juscelino T, Luis AB. 2008. Physicochemical and functional properties of cross-linked banana resistant starch. effect of pressure cooking. *Starch*. 60 (6): 286-291.
- Atichokudomchai N dan Varavinit S. 2003. Characterization and utilization of acid modified cross linked tapioca starch in pharmaceutical tablets. *Carbohydrate Polymers*. 53: 263-270.
- Austin GT. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*. Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company.
- Chel-Guerrero L, Betancur AD. 1998. Cross-linkage of canavalia ensiformis starch with adipic acid: chemical; and functional properties. *Journal Agricultur and Food Chemical*. 46 (6): 2087-2091.
- Chopin N, Guillory X, Weiss P, Le Bideau, Colliec-Jouault TS. 2014. Design polysaccharides of marine origin: chemical modifications to reach advanced versatile compounds. *Current Organic Chemistry*. 18(7): 867-895.
- Choi SG dan Kerr WL. 2004. Swelling characteristics of native and chemically modified wheat starches as a function of heating temperature and time. *Starch*. 56: 181-189.
- Davies EM, Labuschagne MT, Koen E, Benesi IRM, Saka JDK. 2008. Some properties of starches from cocoyam (*Colocasia esculenta*) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Malawi. *African Journal Food Science*. (2): 102-111.
- Diab T dan Biliaderis GCG, Gerasopoulos D, Sfakiotakis E. 2001. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal Food Science*. 81: 988-1000.
- Fellow PJ. 2000. *Food Processing Technology, Principle and Practice*. CRC Press. Cambridge, England.
- Garg S dan Jana AK. Studies on the properties and characteristics of starch-LDPE blend films using cross-linked, glycerol modified, cross-linked and glycerol modified starch. *European Polymer Journal*. 43: 3976-3987.
- Garrido LH, Schnitzler E, Zortea MEB, Rocha TS, Demiate IM. 2012. Physicochemical properties of cassava starch oxidized by sodium hypochlorite. *Journal Food Science Technology*. 51(10): 2640-2647.

- Herlina. 2010. Karakterisasi sifat fisik, kimia dan fungsional bahan pati umbi gembili (*Dioscorea esculenta* L.) termodifikasi secara ikatan silang dengan natrium tripolifosfat. *AGROTEK*. 4(1): 60-67.
- Hoover R dan Sosulski F. 1986. Effect of cross-linking on Functional properties of legume starches. *Starch*. 38(5): 149-155.
- Huang J, Schols HA, Jin Z, Sulmann EY, Voragen AGJ. 2007. Characterization of differently sized granule fractions of yellow pea, cowpea and chickpea starches after modification with acetic anhydride and vinyl acetate. *Carbohydrate Polymers*. 67: 11–20.
- Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO. 1994. *Edible Coatings and Films To Improve Food Quality*. USA : Technomic Publication. Co. Inc.
- Kuakpetoon D dan Wang YJ. 2006. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylase content. *Carbohydr Res*. 341: 1896–1915.
- Mahmut S dan Sosulski, F. 2004. Cross-linking starch at various moisture contents by phosphate substitution in an extruder. *Science Direct*. 59(4): 541-544.
- McHugh T dan Rand Krochta JM. 1993. Dispersed phase particle size effects on water vapor Permeability of whey protein-beeswax edible emulsion films. *J Food Process Press*. 18: 173-188.
- Mirmoghadaie L, Mahdi Kadivar M, Shahedi M. 2009. Effects of cross-linking and acetylation on oat starch properties. *Food Chem*. 116:709–713.
- Miyazaki MR, Hung PV, Maeda T, Morita N. 2006. Recent advances in application of modified starches for bread making. *Trends in Food Sci Technol*. 17: 591-599.
- Moreno O, Cardenas J, Atarés L, Chiralt A. 2017. Influence of starch oxidation on the functionality of starch-gelatin based active films. *Carbohydrate Polymers*. 178:147–158.
- Pereira L, Amado AM, Critchley AT, van de Velde F, Ribeiro-Claro PJA. 2009. Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocoll*. 23 (7): 1903–1909.
- Phan TD, Debeaufort F, Luu D, Voilley A. 2005. Functional properties of edible agar based and starch-based films for food quality preservation. *Journal Agric. Food Chem*. 53:973–981.
- Rivera SMM, Garcia-Suarez FJL, Velazquez VM, Gutierrez-Meraz F, Bello-Perez LA. 2005. Partial Characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*. 62:50-56.
- Sasaki T dan Masuki J. 1998. Effect of wheat structure on swelling power. *Cereal Chemistry*. 75: 525–529.
- Singh S, Gamlath S, Wakeling L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: A review. *Journal Food Science and Technology* 42(8): 916-929.
- Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrions J, Osorio F, Aquilera JM. 2011. *Food hydrocolloid edible films and coating*. Department of Food Science and Technology. Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Sodhi NS dan Singh N. 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *Journal Food Engineering*. 70: 117–127.
- Srichowang S, Sunarti TC, Mishima T, Isono N, Hisamatsu M. 2005. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate Polymers*. 62: 25–34.
- Teja AW, Sindi I, Ayucira A, Setiawan EKL. 2008. Karakteristik pati sagu dengan metode modifikasi asetilasi dan cross-linking. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 7 (3):836-843.
- Wang YJ dan Wang, L. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydr Polym*. 52:207–217.
- Watanabe T, Ohtsuka A, Murase N, Barth P, Gersonde K. 1996. NMR studies on water and polymer diffusion in dextran gels. Influence of potassium ions on microstructure formation and gelation mechanism. *Magnetic Resonance Medicine Journal* . 35 (5): 697–705.
- Winarno FG. 1989. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Wurzburg OB. 1989. *Modified Starch : Properties and Uses*. Boca Raton: CRC Press.
- Yuliasih I. 2008. Fraksinasi dan asetilasi pati sagu (metroxyton sagu rottb) serta aplikasi produknya sebagai bahan campuran plastik sintetik. [Disertasi]. Program Pascasarjana. Program Studi Ilmu Pangan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.