

**DESAIN PROSES PEMBUATAN COATING FILM BERBASIS PATI SAGU
(Metroxylon sp.) IKAT SILANGASAM SITRAT**

PROCESS DESIGN OF COATING FILM FROM CITRIC ACID CROSS LINKED SAGO STARCH

Dyah Ayu Larasati^{1)*}, Indah Yuliasih²⁾, dan Titi Candra Sunarti²⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: : dyah.a.larasati@gmail.com

²⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Makalah: Diterima 14 Juli 2017; Diperbaiki 23 November Juli 2017; Disetujui 11 Desember 2017

ABSTRACT

Starch is an important polysaccharide for coating film production. However, it has limitation since its hydrophilic, which reduce the physical mechanical characteristics of the coating film. The effort to overcome these weaknesses is by modifying the starch with cross linking method. In this study, sago was used as the source of starch with citric acid as its cross linking agent, and the filler material for film making using CMC and chitosan. The objective of this study was to design coating film production by using cross-linked sago starch to improve its properties. The stage of this study were the characterization of raw materials, formulation of coating film and its characterization. For CMC fillers, the result of coating film had a range of moisture value, tensile strength, elongation, water solubility, and water vapor transmission rate of 25-28%, 0.66-0.70 MPa, 11-15%, 54.9-74.9%, and 1.8-1.9 g/hour.mm². For chitosan fillers, the coating film had a range of moisture values, tensile strength, elongation, water solubility, and water vapor transmission rates of 20-24%, 0.43-1.75 MPa, 13-17%, 23-41%, and 2.0-2.1 g/hour.mm².

Keywords: citric acid, coating film, crosslinking, formulation, process design, sago starch

ABSTRAK

Pati merupakan polisakarida yang penting dalam pembuatan *coating film*. Namun, kelemahannya adalah bersifat hidrofilik sehingga membuat sifat fisik mekanik dari *coating film* yang dihasilkan kurang baik. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah memodifikasi pati dengan metode ikat silang. Pada penelitian ini digunakan sago sebagai sumber pati dan asam sitrat sebagai agen ikat silangnya, serta bahan pengisi untuk pembuatan film menggunakan CMC dan kitosan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendapatkan desain proses *coating film* berbasis pati sago ikat silang untuk meningkatkan karakteristiknya. Tahapan yang dilakukan yaitu karakterisasi bahan baku, formulasi pembuatan *coating film* dan karakteristiknya. Untuk bahan pengisi CMC, *coating film* yang dihasilkan memiliki rentang nilai kadar air, kuat tarik, elongasi, kelarutan dalam air, dan laju transmisi uap air berturut-turut yaitu 25-28%, 0,66-0,70 MPa, 11-15%, 54,9-74,9% dan 1,8-1,9 g/jam.mm². Untuk bahan pengisi kitosan, *coating film* memiliki rentang nilai kadar air, kuat tarik, elongasi, kelarutan dalam air, dan laju transmisi uap air secara berturut-turut yaitu 20-24%, 0,43-1,75 MPa, 13-17%, 23-41%, 2,0-2,1 g/jam.mm².

Kata kunci: asam sitrat, *coating film*, desain proses, formulasi, ikat silang, pati sago

PENDAHULUAN

Pati merupakan polisakarida yang penting dalam pembuatan *coating film*. Selain biayanya murah dan aman untuk dikonsumsi (*edible*), pati memiliki sifat permeabilitas uap air dan oksigen yang rendah. (Mali *et al.*, 2005). Sebagai bahan baku *coating film* pati harus mengandung kadar amilosa cukup tinggi (Bae *et al.*, 2008). Menurut hasil penelitian Jading (2011), pati sago termasuk dalam golongan pati dengan kandungan amilosa tinggi (28,84% amilosa dan 71,16% amilopektin), dan memiliki kemampuan pembentukan film yang baik sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *coating film*.

Pati sago memiliki keunggulan karena memiliki struktur kristalin yang kompak dan

kelarutannya rendah sehingga memiliki permeabilitas oksigen yang rendah (McHugh dan Olsen, 2004). Namun, kelemahan dari pati alami adalah sifat yang hidrofilik sehingga membuat sifat mekanik dari *coating film* yang dihasilkan kurang baik (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010) dan film yang dihasilkan rapuh (Mali *et al.*, 2005). Oleh karena itu, untuk menghasilkan sifat-sifat *coating film* yang lebih baik, pati sago dapat dicampur dengan bahan lain atau memodifikasinya.

Modifikasi pati merupakan upaya untuk mengatasi kelemahan dari sifat alami. Salah satunya dengan metode ikat silang (*cross linking*). Menurut Kim dan Lee (2002), ikat silang merupakan salah satu modifikasi kimia yang dapat menjadikan sifat film tahan terhadap uap air dan memiliki kuat tarik

yang tinggi serta dapat meningkatkan stabilitas film yang dihasilkan. Penelitian modifikasi pati dengan metode ikat silang yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan reagen yang memiliki toksisitas tinggi dan ketersediannya terbatas seperti glutaraldehid (Ramaraj, 2007), asam borat (Yin *et al.*, 2005), dan epiklorohidrin (Sreedhar *et al.*, 2007). Dalam mengatasi hal tersebut perlu didapatkan reagen yang aman dan ketersediannya melimpah, salah satunya yaitu asam sitrat. Asam sitrat dipilih sebagai agen ikat silang karena memiliki gugus karboksil yang dapat berikatan dengan gugus aktif pati yaitu gugus hidroksil (OH) sehingga membentuk struktur multi-karboksil. Ikatan tersebut dapat meningkatkan resisten terhadap uap air. Selain itu, asam sitrat aman digunakan untuk melapisi bahan pangan (Borredon *et al.*, 1997). Berdasarkan berbagai informasi tersebut, agen ikat silang asam sitrat pada modifikasi pati sagu (pati sitrat) diharapkan dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik *coating film* yang dihasilkan.

Bahan pengisi (*filler*) pada pembuatan *coating film* berasal dari polisakarida agar mudah bergabung dengan pati sebagai bahan baku utama, seperti CMC (*carboxy methyl cellulose*) dan kitosan. CMC merupakan salah satu polisakarida yang memiliki sifat larut air, penghambat oksigen yang baik, dan mampu membentuk film. Tambahan CMC sebagai bahan pengisi, diharapkan *coating film* yang dihasilkan mampu menahan masuknya oksigen ke dalam produk yang dikemas (Sudaryati *et al.*, 2010). Kitosan adalah polisakarida yang berasal dari kitin dan memiliki rantai yang lurus dan struktur yang kompak. Selain itu, kitosan memiliki sifat pembentuk film yang baik dan mengandung antibakteri. Sifat tersebut dapat menambah fungsi film sebagai pelindung dari mikroba yang dapat merusak produk yang dikemasnya (Dutta *et al.*, 2009).

Sifat dasar dari pati ketika menjadi sebuah film adalah rapuh (*brittle*) dan memiliki elastisitas yang rendah (Krochta dan Johnston, 1997). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, perlu ditambahkan bahan pemlastis (*plasticizer*) pada *coating film*. Pemlastis yang digunakan adalah gliserol, karena dapat memberikan sifat elastis dan fleksibel pada *coating film* yang dihasilkan. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu mendapatkan desain proses *coating film* dari pati sitrat dengan konsentrasi bahan baku *coating film*, bahan pengisi, dan pemlastis yang sesuai serta mendapatkan karakteristiknya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu (*Metroxylon sp.*) dari pabrik sagu di Tanah Sereal Bogor, *carboxy methyl cellulose* (CMC) (teknis), kitosan (teknis), gliserol (teknis), aquades, asam asetat 1%, dan bahan kimia lainnya. Peralatan yang digunakan adalah oven, *hot*

platestirrer, cetakan *film* (plat kaca), *Universal Testing Machine* (UTM) (LF plus series digital merk LLYOD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) Zeiss EVO MA10), *brabenderamylograph* (unit), dan peralatan lainnya.

Tahapan Penelitian

Karakterisasi Pati Sagu dan Pati Sitrat

Karakterisasi pati yang diamati yaitu analisis proksimat, sifat dasar, dan fungsionalnya. Analisis sifat dasar meliputi kadar pati, kadar amilosa, dan amilopektin. Analisis sifat fungsional pati sitrat, meliputi kelarutan dan *swelling power* (Bello-Perez *et al.*, 2010), kejernihan pasta pati 1% (Perez *et al.*, 1999), *freeze thaw stability*, serta derajat *cross linking* (Koo, 2010). Pengujian lain yang dilakukan adalah sifat amilograf pati, FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui gugus ikatan pati, dan uji mikroskop polarisasi.

Formulasi Pembuatan *Coating Film*

Penentuan Jenis dan Konsentrasi Pati sebagai Bahan Baku

Proses formulasi *coating film* menggunakan dua sumber pati yaitu pati sagu dan pati sitrat. Jumlah konsentrasi CMC yang digunakan sebanyak 5% (b/b pati) dengan pelarut aquades, kitosan 50% (b/b pati) dengan pelarut asam asetat 1%, dan gliserol 40% (b/b pati). Variasi jenis dan konsentrasi pati yang diujicobakan yaitu :

1. Pati sagu 5% (b/b pelarut)
2. Pati sitrat 5% (b/b pelarut)
3. Pati sitrat 2,5% (b/b pelarut)

Konsentrasi pati sagu, CMC, dan gliserol mengacu pada penelitian Ghanbarzadeh *et al.* (2010), sedangkan konsentrasi kitosan mengacu penelitian Shapi'i dan Othman (2016). Percobaan tersebut dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Pengujian pada *coating film* yang dihasilkan yaitu uji kemampuan pembentukan film, dengan parameter: bentuk (terbentuk/tidak), permukaan (mulus/retak), tekstur (lentur/kaku), dan pelepasan cetakan (mudah/sulit) serta uji kelarutan dalam air selama 24 jam (Gontard *et al.*, 1993).

Penentuan Jenis dan Konsentrasi Bahan Pengisi yang Berbeda

Pada tahapan ini, sumber pati yang digunakan sebagai bahan baku *coating film* adalah jenis dan konsentrasi pati yang terpilih pada tahap (a). Untuk mengetahui jumlah bahan pengisi yang dapat ditambahkan dalam pembentukan *coating film*, maka dilakukan variasi pada konsentrasinya. Konsentrasi gliserol yang digunakan pada kedua jenis bahan pengisi sama, yaitu 40% (b/b pati). Variasi konsentrasi CMC sebesar 2,5; 5; 7,5; dan 10% (b/b pati) dengan pelarut aquades, sedangkan kitosan sebesar 25, 50, 75, dan 100% (b/b pati) dengan pelarut asam asetat 1%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali ulangan. *Coating film* diuji

berdasarkan kemampuan pembentukan film dan kelarutan dalam air selama 24 jam untuk mengetahui penambahan konsentrasi bahan pengisi yang sesuai.

Penentuan Konsentrasi Bahan Pemlastis (Gliserol)

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi penambahan gliserol pada pembuatan *coating film* sehingga dapat membentuk film dengan baik. Sumber pati berdasarkan jenis dan konsentrasi pati terpilih pada tahap (a) sedangkan CMC dan kitosan yang digunakan berdasarkan hasil konsentrasi terendah pada tahap (b) yang dapat membentuk film dengan baik. Variasi konsentrasi gliserol yang diujicobakan yaitu 40, 80, dan 120% (b/b pati) (Ghanbarzadeh *et al.*, 2010). Percobaan dilakukan sebanyak dua kali ulangan. *Coating film* dengan konsentrasi gliserol yang terpilih didapatkan berdasarkan hasil uji pembentukan film dan kelarutan dalam air selama 24 jam.

Pembuatan *Coating Film* (Modifikasi Ghanbarzadeh (2010))

Coating film dengan formulasi yang telah didapatkan pada tahap (a), (b), dan (c) diproduksi kembali untuk pengujian karakteristiknya. Tahapan pembuatannya yaitu sumber pati dicampurkan dengan masing-masing bahan pengisi (CMC atau Kitosan) hingga homogen kemudian dilarutkan dalam 100 mL air destilata (CMC) atau asam asetat 1% (kitosan) pada suhu ruang selama 5 menit. Setelah itu campuran tersebut dipanaskan hingga suhu 90°C selama 15 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* (500 rpm). Suhu larutan diturunkan hingga 70°C kemudian ditambahkan gliserol, dan diaduk selama 5 menit. Suhu larutan diturunkan kembali hingga 40°C dan diaduk perlahan selama 20 menit agar gelembung airnya hilang. Larutan *coating film* dituang pada plat kaca (pembuatan film dengan metode *casting*), selanjutnya dimasukkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Percobaan dilakukan dua kali ulangan. *Coating film* yang dihasilkan dilakukan pengujian yaitu SEM, kadar air (AOAC, 2005), kuat tarik dan elongasi (ASTM D 3039, 2012), kelarutan dalam air selama 24 jam, serta laju transmisi uap air (Huri, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sumber Pati

Pati sitrat dibuat dengan mereaksikan pati sagu dan asam sitrat pada suhu tinggi. Ketika dipanaskan, asam sitrat akan kehilangan air dan

menghasilkan anhidrida. Asam sitrat anhidrida dapat bereaksi dengan pati dan membentuk pati sitrat. Pati sagu yang telah dimodifikasi memiliki warna yang putih dengan rendemen sebesar 77,41%. Pengujian sifat amilograf menggunakan *brabender amylograph* (Tabel 1) menunjukkan bahwa pati sitrat tidak membentuk pasta atau gel ketika dipanaskan pada suhu 93°C selama 20 menit. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chowdary dan Enturi (2011) dengan bahan baku pati kentang dan Omojola *et al.* (2012) dengan bahan baku pati *icacina*.

Berdasarkan data analisis proksimat, pati alami dan pati sitrat mengandung komponen minor yang rendah, yaitu 0,33% dan 0,18% untuk kadar lemak dan protein dari pati sagu serta 0,28% dan 0,18% dari pati sitrat. Menurut Banks dan Greenwood (1975), jumlah komponen minor yang kecil memberikan pengaruh besar terhadap sifat fungsional pati. Adanya komponen lemak dan protein yang tinggi akan memberikan sifat hidrofobik di sekeliling granula sehingga menyebabkan terhambatnya pengikatan air oleh granula pati.

Kadar pati dan kadar amilosa pati alami maupun modifikasi sedikit mengalami peningkatan. Nilai kadar pati dan kadar amilosa pati alami sebesar 97,68% dan 24,99%, sedangkan pati sitrat sebesar 98,19% dan 25,14%. Terjadinya kenaikan rata-rata kadar pati karena adanya gugus karboksil yang berikatan dengan gugus hidroksil sehingga dapat memperkuat struktur granula dan menghambat kehilangan pati (Woo dan Seib, 2002). Peningkatan kadar amilosa, menurut Jane *et al.* (1992) terjadi karena molekul amilopektin lebih mudah mengalami ikatan silang daripada molekul amilosa, kemudian mengalami pemutusan cabangnya. Hal ini menyebabkan proporsi amilosa terhadap amilopektin meningkat. Karakteristik pati sitrat disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis sifat fungsional pati, menunjukkan bahwa pati alami memiliki nilai *swelling power* dan kelarutan pada suhu 70°C sebesar 68,92% dan 20,44%, sedangkan pati sitrat adalah 4,25% dan 6,89%. Persentase nilai kedua parameter tersebut mengalami penurunan pada pati termodifikasi. Menurunnya nilai tersebut berhubungan dengan nilai derajat *cross linking*-nya. Derajat *cross linking* adalah banyaknya jumlah gugus karboksil (COOH) agen ikat silang (asam sitrat) yang dapat berikatan dengan gugus hidroksil (OH) pada pati.

Tabel 1. Sifat amilografi pati alami dan pati sitrat (Uji *Brabender Amylograph*)

| Jenis Pati | Viskositas puncak (BU) | Viskositas pasta panas 93°C (BU) | Viskositas Breakdown 93°C / 20' (BU) | Viskositas pasta dingin 50°C (BU) | Viskositas Setback (BU) |
|-------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Pati Alami | 410 | 330 | 260 | 510 | 250 |
| Pati Sitrat | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 |

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisiko kimia dan fungsional pati alami dan pati sitrat

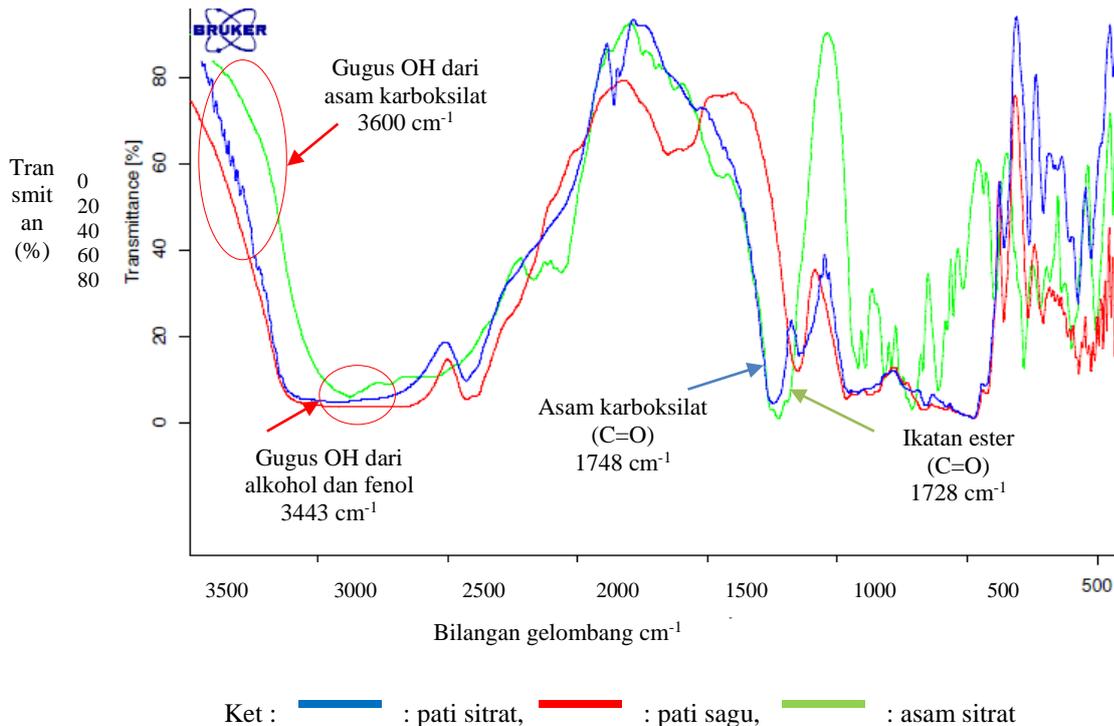
| Parameter | Pati Alami | Pati Sitrat |
|--------------------------------------|------------|-------------|
| Sifat fisikokimia : | | |
| Kadar pati (%) | 97,68 | 98,19 |
| Kadar amilosa (%) | 24,99 | 25,14 |
| Sifat fungsional : | | |
| Kelarutan pada suhu 70°C (%) | 20,44 | 6,89 |
| Swelling power (%) | 68,92 | 4,25 |
| Kejernihan pasta 1% (%) | 27,60 | 96,31 |
| Freeze thaw stability (%) sineresis) | 12,96 | 2,78 |
| Derajat crosslinking (%) | - | 97,56 |

Nilai derajat *cross linking* pati sitrat sebesar 97,56%. Hal ini menunjukkan bahwa hampir semua gugus OH telah berikatan dengan gugus COOH, kesempatan uap air bebas untuk dapat terikat oleh pati semakin kecil dan sifat pati berubah menjadi hidrofobik. Ikatan gugus fungsi ini dapat terlihat dari hasil uji FTIR yang disajikan dalam grafik pada Gambar 1. Sifat pati sitrat berubah menjadi hidrofobik, karena hanya mengikat sedikit air, sehingga nilai *swelling power* dan kelarutannya menjadi rendah. Perubahan sifat pati dari hidrofilik menjadi hidrofobik dibutuhkan oleh *coating film*.

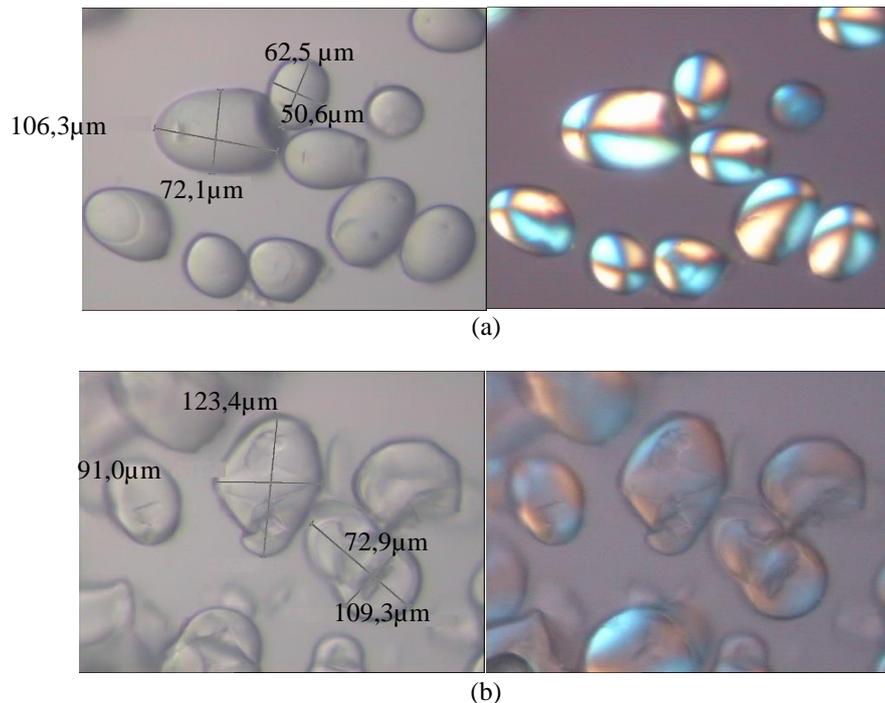
Sifat kelarutan dan *swelling power* pati berhubungan dengan ukuran granulanya. Semakin

besar ukuran granulanya maka semakin tinggi pula nilainya (Yuliasih *et al.*, 2008). Menurut Wattanachant *et al.* (2002), ikatan hidrogen intermolekuler di antara grup hidroksil pada rantai yang berdekatan untuk ukuran granula pati yang besar akan menghasilkan pembengkakan yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran granula pati yang kecil. Ukuran rata-rata granula pati sagu jika dibandingkan jenis pati yang lain tergolong besar, yaitu berkisar antara 72,9-123,4 μm di bawah mikroskop cahaya polarisasi dengan perbesaran 400 X (Gambar 2).

Selanjutnya, parameter penting yang dianalisis adalah kejernihan pasta 1%, dengan nilai persentase sebesar 27,60% (pati alami) dan 96,31% (pati sitrat). Kejernihan pati modifikasi lebih tinggi dibandingkan pati alami disebabkan oleh suhu gelatinisasi pati sitrat lebih tinggi (Tabel 1). Apabila kedua jenis pati ini dipanaskan hingga melampaui suhu gelatinisasi pati asalnya, maka amilosa yang terurai pada pati yang dimodifikasi lebih sedikit dibandingkan pati alami. Bila suhu pasta pati diturunkan hingga 25°C, amilosa terurai cenderung saling bergabung dengan amilosa yang lain (retrogradasi). Pati alami memiliki amilosa terurai lebih banyak sehingga pada saat dianalisa dengan spektrofotometer, pati alami memiliki tingkat kekeruhan yang lebih tinggi daripada pati modifikasi.



Gambar 1. Grafik FTIR pada pati sagu, pati sitrat, dan asam sitrat



Gambar 2. Granula (a) pati sagu alami dan (b) pati sitrat

Parameter yang digunakan untuk mengetahui stabilitasnya adalah persentase sineresis. Sineresis adalah keluarnya atau merembesnya cairan dari dalam gel. Semakin tinggi persentase sineresis, semakin banyak air yang keluar sehingga nilai *freeze thaw stability*-nya rendah. Hasil analisis menunjukkan nilai *freeze thaw stability* pati alami dan pati sitrat yaitu sebesar 12,96% dan 2,78%. Menurunnya persen sineresis pati termodifikasi disebabkan oleh tingginya nilai derajat *cross linking*, atau dengan kata lain tingginya nilai derajat *cross linking* memungkinkan terjadinya kestabilan pasta pati saat pendinginan. Menurut Bentacur *et al.* (1997), penambahan gugus karboksil yang tinggi dapat menurunkan atau menghilangkan sineresis gel pati.

Hasil Formulasi Pembuatan Coating Film

Coating film dengan bahan baku pati alami sebanyak 5% (bahan pengisi CMC atau kitosan) dapat membentuk film dengan permukaan yang mulus dan memiliki tekstur yang mudah patah. Namun, *coating film* dengan bahan baku pati sitrat sebanyak 2,5% memiliki kemampuan pembentukan film yang bagus, yaitu terbentuk film dengan permukaan mulus dan tekstur yang lentur (fleksibel). Menurut Kusumawati dan Putri (2013), penambahan konsentrasi padatan dalam pembuatan film dapat memengaruhi karakteristiknya. Penambahan konsentrasi pati yang tinggi dapat mengganggu proses pembentukan matriks *film* sehingga menyebabkan nilai kuat tariknya menurun (retak). Konsentrasi pati yang tinggi dalam suatu larutan *film* menunjukkan bahwa jumlah total padatan terlarutnya juga tinggi, sehingga sifat elastisitasnya juga

menurun. Hasil formulasi *coating film* tahap pertama yaitu menentukan jenis dan konsentrasi bahan baku pati dapat dilihat pada Tabel 3.

Jika dilihat dari nilai kelarutan dalam air, *coating film* yang menggunakan pati sitrat 2,5% memiliki nilai yang lebih rendah (27%) dibandingkan dengan pati sitrat 5% (35%). Hal ini diduga, semakin banyak pati sitrat yang ditambahkan, semakin banyak total padatan dalam larutan. Total padatan yang tinggi dapat mengganggu pembentukan matriks sehingga film yang dihasilkan kurang kompak dan partikelnya terlarut dalam air (Shapi'i dan Othman, 2016). Dari keseluruhan karakteristik yang diperoleh, jenis dan konsentrasi bahan baku pembuatan *coating film* yang terpilih adalah pati sitrat dengan konsentrasi 2,5%.

Tahap kedua setelah penentuan jenis dan konsentrasi bahan baku adalah formulasi untuk menentukan konsentrasi bahan pengisi yang dapat membentuk *film* dengan baik. Bahan pengisi yang pertama yaitu CMC, berfungsi sebagai penstabil dan mampu mengikat air, menstabilkan komponen lainnya dan mencegah sineresis. CMC juga dapat menjaga tekstur alami produk dan mengurangi penyerapan O₂ (Nisperos-Carriedo, 1994). Selain itu, fungsi CMC sebagai bahan pengisi adalah menciptakan jalur liku dan mengisi rongga kosong pada *film* sehingga permeabilitas terhadap gas rendah. Bahan pengisi *coating film* yang kedua adalah kitosan. Kitosan merupakan koagulan yang baik dan mudah membentuk membran atau *film*. Kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan mikroorganisme yang lain juga dimiliki oleh kitosan (El Ghaouth *et al.*, 1992).

Tabel 3. Karakteristik *coating film* dengan jenis dan konsentrasi bahan baku pati yang berbeda*

| Bahan pengisi | Bahan baku | Parameter <i>coating film</i> | | | | |
|---------------|------------------|-------------------------------|-----------|---------|-------------------|-------------------------|
| | | Pembentukan film | Permukaan | Tekstur | Pelepasan cetakan | Kelarutan dalam air (%) |
| CMC | Pati alami 5% | terbentuk | mulus | kaku | mudah | 39 |
| | Pati sitrat 2,5% | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 27 |
| | Pati sitrat 5% | terbentuk | retak | kaku | mudah | 35 |
| Kitosan | Pati alami 5% | terbentuk | retak | kaku | mudah | 25 |
| | Pati sitrat 2,5% | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 16 |
| | Pati sitrat 5% | terbentuk | retak | lentur | mudah | 14 |

*Konsentrasi CMC, kitosan, dan gliserol: 5, 50, dan 40% (b/b pati)

Tabel 4. Karakteristik *coating film* dengan konsentrasi CMC atau kitosan yang berbeda*

| Bahan pengisi | Konsentrasi (%)** | Parameter <i>coating film</i> | | | | |
|---------------|-------------------|-------------------------------|-----------|---------|-------------------|-------------------------|
| | | Pembentukan film | Permukaan | Tekstur | Pelepasan cetakan | Kelarutan dalam air (%) |
| CMC | 2,5 | tidak terbentuk | - | - | - | - |
| | 5 | terbentuk | mulus | Lentur | mudah | 76 |
| | 7,5 | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 65 |
| Kitosan | 10 | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 52 |
| | 25 | terbentuk | retak | lentur | mudah | 89 |
| | 50 | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 48 |
| | 75 | terbentuk | mulus | lentur | mudah | 38 |
| | 100 | terbentuk | mulus | kaku | mudah | 22 |

*Konsentrasi gliserol: 40% (b/b pati), konsentrasi pati sitrat 2,5% (b/v larutan)

Karakteristik *coating film* yang dihasilkan (Tabel 4) menunjukkan bahwa film yang menggunakan tambahan CMC dengan konsentrasi 2,5% tidak dapat membentuk film karena susunannya tidak kompak dan saling lepas. Menurut Apriliyanti *et al.* (2016), jumlah CMC yang ditambahkan belum mampu mengikat komponen-komponen lain yang terdapat di dalamnya. Berbeda dengan film yang menggunakan konsentrasi CMC sebesar 5, 7,5, dan 10%, terlihat dapat membentuk film dengan baik. Jika dilihat dari nilai persentase nilai kelarutan dalam air, semakin tinggi penambahan CMC, nilai yang dihasilkan semakin rendah, yaitu berturut-turut sebesar 76, 65, dan 52%. Menurut Sudaryati *et al.* (2010), jika CMC yang ditambahkan terlalu banyak dalam pembuatan film, susunan yang terdapat didalamnya tidak kompak, sehingga mengganggu ikatan komponen yang lain dan menyebabkan sifat fisiknya menurun. Tahap kedua setelah penentuan jenis dan konsentrasi bahan baku adalah formulasi untuk menentukan konsentrasi bahan pengisi yang dapat membentuk film dengan baik. Bahan pengisi yang pertama yaitu CMC, berfungsi sebagai penstabil dan mampu mengikat air, menstabilkan komponen lainnya dan mencegah sineresis. CMC juga dapat menjaga tekstur alami produk dan mengurangi penyerapan O₂ (Nisperos-Carriedo, 1994). Selain itu, fungsi CMC sebagai bahan pengisi adalah menciptakan jalur liku dan mengisi rongga kosong pada film sehingga permeabilitas terhadap gas rendah. Bahan pengisi *coating film* yang kedua adalah kitosan. Kitosan merupakan koagulan yang baik dan mudah

membentuk membran atau *film*. Kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan mikroorganisme yang lain juga dimiliki oleh kitosan (El Ghaouth *et al.*, 1992).

Karakteristik *coating film* yang dihasilkan (Tabel 4) menunjukkan bahwa film yang menggunakan tambahan CMC dengan konsentrasi 2,5% tidak dapat membentuk film karena susunannya tidak kompak dan saling lepas. Menurut Apriliyanti *et al.* (2016), jumlah CMC yang ditambahkan belum mampu mengikat komponen-komponen lain yang terdapat di dalamnya. Berbeda dengan film yang menggunakan konsentrasi CMC sebesar 5, 7,5, dan 10%, terlihat dapat membentuk film dengan baik. Jika dilihat dari nilai persentase nilai kelarutan dalam air, semakin tinggi penambahan CMC, nilai yang dihasilkan semakin rendah, yaitu berturut-turut sebesar 76, 65, dan 52%. Menurut Sudaryati *et al.* (2010), jika CMC yang ditambahkan terlalu banyak dalam pembuatan film, susunan yang terdapat didalamnya tidak kompak, sehingga mengganggu ikatan komponen yang lain dan menyebabkan sifat fisiknya menurun.

Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh *coating* bahan pengisi kitosan. Pada semua konsentrasi, larutan dapat membentuk film. Namun pada konsentrasi kitosan 25%, film yang dihasilkan mudah sobek dan memiliki nilai kelarutan dalam air yang paling tinggi yaitu sebesar 89%. Menurut Coma *et al.* (2003), penambahan kitosan pada konsentrasi rendah menyebabkan film yang terbentuk menjadi tipis dan mudah sobek. Pada saat pengeringan, molekul air yang terkandung di

dalamnya menguap, sehingga terdapat rongga pada film. Jika jumlah kitosan sedikit, makan rongga dalam *coating film* semakin banyak, dan sifat fisik mekaniknya semakin rendah.

Tahap selanjutnya yang dilakukan pada formulasi pembuatan *coating film* adalah pemilihan konsentrasi bahan pemlastis. Gliserol dipilih sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair mudah tercampur dalam larutan *coating film* serta dalam air.

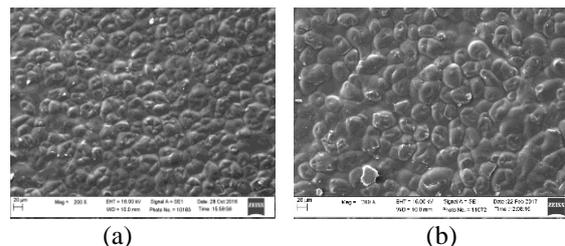
Hasil karakterisasi pada Tabel 5. menunjukkan konsentrasi gliserol yang sesuai untuk formulasi *coating film* adalah 80%. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan pembentukan filmnya baik dengan bahan pengisi CMC maupun kitosan. Larutan *coating* dengan penambahan gliserol sebanyak 40%, menghasilkan film yang kaku dan mudah patah (*brittle*). Film yang ditambahkan gliserol 120% memiliki tekstur yang terlalu elastis, sehingga sulit untuk kering dan dilepas dari cetakan kaca karena terlalu menempel. Menurut Wirawan *et al.*(2012), penggunaan gliserol yang berlebihan akan menjadikan lapisan film terlalu elastis dan sulit terbentuk atau mengeras. Berdasarkan tahapan formulasi yang telah dilakukan, maka didapatkan komposisi bahan pembuatan *coating film* yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi formula *coating film*

| Komponen | Jenis bahan pengisi | |
|---|---------------------|---------|
| | CMC | Kitosan |
| Bahan bku : Pati sitrat (% b/v) | 2,5 | 2,5 |
| Konsentrasi bahan pengisi (% b/b pati) | 5-10 | 50-100 |
| Bahan Tambahan : Gliserol (% b/b pati) | 80 | 80 |

Karakteristik Coating film Pati Sitrat

Sifat morfologi suatu *coating film* sangat penting diketahui karena untuk melihat hasil pencampuran bahan terhadap kerapatan komponen-komponennya. Pengujian morfologi dari spesimen *coating film* dari pati sitrat dengan bahan pengisi CMC atau kitosan menggunakan alat *Scanning Electrone Microscope* (SEM) pada perbesaran 200X. Hasil pengujian morfologi permukaan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Coating film* dengan bahan pengisi (a) CMC dan (b) kitosan

Kedua permukaan *coating film* tersebut terlihat homogen, namun pada film yang menggunakan bahan pengisi kitosan terlihat lebih kasar. Hal tersebut akibat dari viskositas kitosan yang tinggi sehingga sulit bercampur rata dengan bahan lain, sehingga terlihat saling menumpuk.

Karakterisasi *coating film* dengan komposisi yang telah terpilih dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekaniknya. Parameter yang digunakan adalah kadar air, kuat tarik, elongasi, laju transmisi uap air, dan kelarutan dalam air. Kadar air merupakan parameter yang penting pada *coating film*. Jika dilihat dari grafik pada Gambar 2, nilai kadar air dari *coating film* yang dihasilkan mengalami penurunan dengan bertambahnya konsentrasi bahan pengisi (CMC atau kitosan). Menurut Kusumawati dan Putri (2012), semakin tinggi konsentrasi bahan pengisi, kerapatan film semakin tinggi, dan kesempatan air untuk berikatan dengan film menjadi rendah. Nilai kadar air dari *coating film* berdasarkan konsentrasi rendah ke tinggi secara berturut-turut adalah 23,50, 22,50, dan 20,94%. Nilai kadar air *coating film* dengan bahan pengisi CMC adalah 27,84, 25,93, dan 25,06% (secara berurutan dari konsentrasi rendah ke tinggi). Hasil karakterisasi disajikan pada Gambar 4.

Selain kuat tarik, elongasi juga merupakan parameter yang diujikan. Pada masing-masing bahan pengisi, ternyata semakin tinggi konsentrasinya, nilai elongasi semakin tinggi juga. Nilai elongasi pada *coating film* yang menggunakan bahan pengisi CMC dengan konsentrasi 5; 7,5; dan 10% secara berturut-turut adalah 11,73; 13,49; dan 14,28%.

Tabel 5. Karakteristik *coating film* dengan konsentrasi pemlastis yang berbeda*

| Bahan pengisi | Konsentrasi gliserol (%)** | Parameter <i>coating film</i> | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|-----------|---------|-------------------|-------------------------|
| | | Pembentukan film | Permukaan | Tekstur | Pelepasan cetakan | Kelarutan dalam air (%) |
| CMC | 40 | terbentuk | mulus | kaku | Mudah | 44 |
| | 80 | terbentuk | mulus | lentur | Mudah | 26 |
| | 120 | terbentuk | mulus | lentur | Sulit | 41 |
| Kitosan | 40 | terbentuk | retak | kaku | Mudah | 32 |
| | 80 | terbentuk | mulus | lentur | Mudah | 27 |
| | 120 | terbentuk | mulus | lentur | Sulit | 43 |

*Konsentrasi pati sitrat : 2,5% (b/b pelarut), CMC dan kitosan: 5% dan 50% (b/b pati)

**persentase terhadap bobot pati

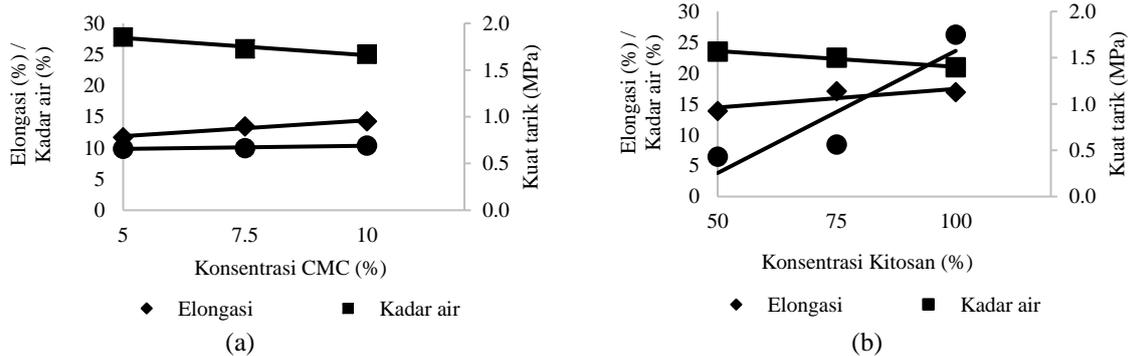
Parameter uji selanjutnya adalah kuat tarik (*tensile strength*). Kuat tarik adalah daya renggang maksimum yang dapat diterima film sebelum putus (Wattimena *et al.*, 2016). Hasil analisis kuat tarik pada *coating film* rata-rata mengalami peningkatan dengan meningkatnya konsentrasi bahan pengisi. Nilai kuat tarik untuk *coating film* dengan bahan pengisi CMC adalah antara 0,66-0,70 MPa, dan kitosan adalah 0,43-1,75 MPa. Menurut hasil penelitian dari Hartatik *et al.* (2013), penambahan kitosan hingga 100% (g/g pati) dapat meningkatkan nilai kuat tarik, namun jika konsentrasi ditambah lagi, nilainya akan menurun. Selain kuat tarik, elongasi juga merupakan parameter yang diujikan. Pada masing-masing bahan pengisi, ternyata semakin tinggi konsentrasinya, nilai elongasi semakin tinggi juga. Nilai elongasi pada *coating film* yang menggunakan bahan pengisi CMC dengan konsentrasi 5; 7.5; dan 10% secara berturut-turut adalah 11,73; 13,49; dan 14,28%.

Pada *coating film* dengan bahan pengisi kitosan, nilai elongasinya secara berturut-turut adalah 13,87; 17,06; dan 16,90%. Menurut Harsunu (2008), elongasi sebuah film akan semakin menurun seiring meningkatnya bahan pengisi yang ditambahkan. Hal ini disebabkan semakin banyaknya jumlah padatan yang terlarut sehingga menyebabkan film menjadi kaku, jika film tersebut tidak ditambahkan *plasticizer*.

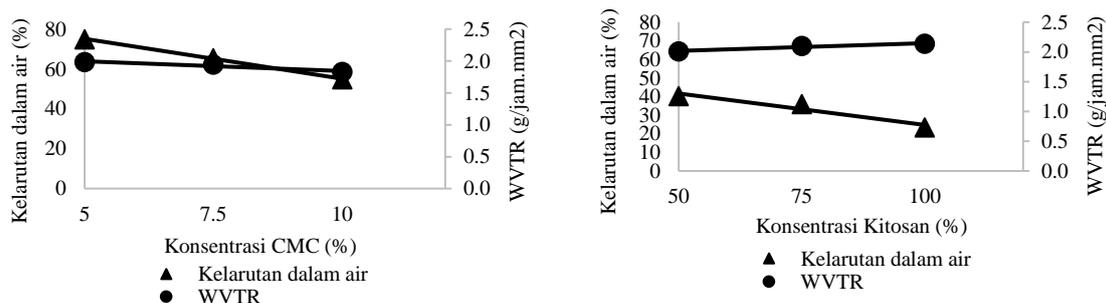
Namun, pada penelitian ini, bertambahnya konsentrasi bahan pengisi menyebabkan nilai elongasinya meningkat. Hal ini disebabkan adanya

plasticizer yaitu gliserol yang ditambahkan sehingga penambahan konsentrasi bahan pengisi tidak menyebabkan elongasinya menurun. Dari hasil tersebut, hubungan kadar air dengan kuat tarik dan elongasi berlawanan. Semakin tinggi penambahan konsentrasi bahan pengisi, semakin rendah nilai kadar air, namun nilai kuat tarik dan elongasi semakin tinggi. Berkurangnya kadar air dapat menjadikan kuat tariknya lebih tinggi, karena susunan komponen film menjadi kompak dan liat untuk ditarik (Rusli *et al.*, 2017)

Kelarutan *film* dalam air merupakan parameter uji selanjutnya dan merupakan faktor penting dalam menentukan degradabilitas *coating film*. Parameter tersebut merupakan persentase bagian *film* yang larut dalam air setelah perendaman selama 24 jam (Gontard *et al.*, 1993). Nilai kelarutan dalam air *coating film* semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi bahan pengisi. *Coating film* dengan bahan pengisi CMC memiliki nilai sebesar 74,9-54,9% dan 40,27-23,8% untuk kitosan. Hal ini terjadi karena susunan komponen yang berada di dalamnya semakin kompak sehingga tidak mudah terlepas saat direndam dalam air. Selain itu, menurunnya kelarutan dalam air juga berhubungan dengan nilai kadar air film. Semakin rendah nilai kadar air film, maka komponen yang berpotensi berikatan dengan air juga rendah, sehingga ketika direndam dalam air, tidak banyak komponen yang larut. Hasil analisis kelarutan dalam air *coating film*, disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Nilai kadar air (%), kuat tarik (MPa), dan elongasi air (%) *coating film* dengan konsentrasi bahan pengisi yang berbeda



Gambar 5. Nilai kelarutan dalam air (%) dan laju transmisi uap air (g/jam.mm²) *coating film* dengan konsentrasi bahan pengisi yang berbeda

Selain parameter kelarutan dalam air, pengujian laju transmisi uap air (WVTR) penting dilakukan untuk mengukur kemampuan *coating film* dalam menahan migrasi uap air. Menurut Gontard *et al.* (1993), salah satu fungsi adalah untuk menahan migrasi uap air, baik dari produk ke lingkungan atau dari lingkungan ke produk. Hasil pengujian laju transmisi uap air menunjukkan dengan bertambahnya konsentrasi bahan pengisi pada *coating film*, nilai WVTR tidak berubah secara signifikan. Nilai laju transmisi uap air pada *coating film* dengan bahan pengisi CMC antara 1,9-1,8 g/jam.mm² sedangkan yang menggunakan kitosan, memiliki nilai WVTR antara 2,0-2,1 g/jam.mm². Hal ini diduga bahwa penambahan konsentrasi bahan pengisi yang digunakan kurang signifikan sehingga tidak mempengaruhi nilai laju transmisi uap airnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Coating film menggunakan bahan baku pati sitrat mampu menghasilkan film yang lebih baik dibandingkan dengan pati alami. Formulasi pembuatan *coating film* dari pati sitrat mendapatkan komposisi perlakuan yang terbaik, yaitu jumlah pati sitrat yang ditambahkan sebanyak 2,5%, konsentrasi bahan tambahan yang digunakan sebanyak 5-10% (b/b pati) untuk jenis bahan pengisi CMC, dan sebanyak 50-100% (b/b pati) untuk jenis bahan pengisi kitosan. Selanjutnya, konsentrasi gliserol yang sesuai juga didapatkan yaitu sebanyak 80% (b/b pati). *Coating film* dengan bahan pengisi CMC memiliki rentang nilai kadar air, kuat tarik, dan elongasi secara berturut-turut adalah 25-28%, 0,66-0,70 MPa, dan 11-15%. Selanjutnya, nilai kelarutan dalam air dan WVTR secara berturut-turut sebesar 54,9-74,9% dan 1,8-1,9 g/jam.mm². Karakteristik yang dimiliki oleh *coating film* dengan bahan pengisi kitosan yaitu dalam rentang nilai 20-24% untuk nilai kadar air, 0,43-1,75 MPa untuk nilai kuat tarik, dan 13-17% untuk nilai elongasinya, sedangkan nilai kelarutan dalam air yang dimilikinya dalam rentang nilai 23-41% dan WVTR sebesar 2,0-2,1 g/jam.mm².

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengaplikasikan *coating film* pada buah potong segar agar dapat diketahui pengaruh pelapisan terhadap kestabilan mutunya.

DAFTAR PUSTAKA

[AOAC] Association of Analytical Communities. 2005. *Official Method of Analysis of the Association of the Analytical Chemist*. Washington DC (US): Association of Analytical Communities.

- ASTM D 3039. 2012. *Standard Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. Philadelphia (PA): American Society for Testing Materials.
- Apriliyanti A dan Mulia W. 2016. Pabrikasi edible film dari carboxy methylcellulose (CMC) dan minyak jahe sebagai upaya peningkatan umur simpan roti. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Dana BOPTN*. ISBN: 978-602-14917-3-7.
- Bae HJ, Cha DS, Whiteside WS, Park HJ. 2008. Film and pharmaceutical hard capsule formation properties of mungbean, waterchurnut, and sweet potato starch. *Food Chemical*. 106:96-105
- Banks W dan Greenwood CT. 1975. *Starch and Its Components*. New York (US): Helsted Press.
- Bello-Pérez E, Agama-Acevedo PB, Zamudio-Flores G, Mendez-Montelvo, SL, Rodriguez-Ambriz. 2010. Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch. *Journal Food Science Technology*. 43: 1434-1440.
- Bentacur AD, Chel GL, dan Cañizares HE. 1997. Acetylation and characterization of *Canavalia ensiformis* starch. *Journal Agriculture Food Chemical*. 45:378-382.
- Borredon E, Bikiaris D, Prinios J, Panayiotou C. 1997. Properties of fatty acid esters of starch and their blends with LDPE. *Journal Applied Polymer Science*. 65:705-721.
- Chowdary KPR dan Enturi V. 2011. Preparation, characterization and evaluation of starch citrate- a new modified starch as a disintegrant in tablet formulations. *Journal Pharmaceutical Research Development*. 12 (2): 9-17.
- Coma V, Deschamps A, Martial-Gros A. 2003. Bioactive packaging materials from edible chitosan polymer-antimicrobial activity assessment of dairy-related contaminants. *Journal Food Science*. 68(9): 2788-2792.
- Dutta PK, Tripathi S, dan Mehrotra GK. 2009. Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan-PVA film for food packaging applications. *Journal Biological Macromolecules*. 45:72-76.
- El-Ghaouth A, Arul J, Ponnampalam R, Castaigne F. 1992. Chitosan coating to extend storage life of tomatoes. *Journal Horticultural Science*. 27:1016-1018.
- Ghanbarzadeh B, Almasi H, Entezami AA. 2010. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Journal Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11:697-702.
- Gontard N, Guilbert S, dan Jean-Louis C. 1993. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties

- of an edible wheat gluten film. *Journal Food Science*. 58(1):206-211.
- Harsunu BT. 2008. Edible film dari khitosan dengan plasticizer gliserol [skripsi]. Depok (ID):Universitas Indonesia .
- Hartatik YD, Nuriyah L, dan Iswarin. 2013. Pengaruh komposisi kitosan terhadap sifat mekanik dan biodegradable bioplastik [skripsi]. Malang (ID): Universitas Brawijaya.
- Huri D. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia edible film. *Jurnal Pangan Agroindustri*. 2(4):29-40.
- Jading A, Eduard T, Paulus P, Sarman G. 2011. Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidisasi menggunakan alat pengering cross flow fluidized bed bertenaaga surya dan biomassa. *Jurnal Universitas Negeri Papua*. 13(3):155-164.
- Jane J, Shen L, Lim S, Kasemsuwant T, Nip WK. 1992. Physycal and chemical studies of taro starches and flours. *Journal Cereal Chemical*. pp:69.
- Kim M dan Lee S J. 2002. Characteristics of crosslinked potato starch and starch-filled linear low-density polyethylene films. *Journal Carbohydrate Polymer*. 50:331-337.
- Koo SH, Lee KY, dan Lee HG. 2010. Effect of cross-linking on the physicochemical and physiological properties of corn starch. *Journal Food Hydrocol*. 24: 619-625.
- Krochta JM dan Johnston DMC. 1997. Edible and biodegradable polymer film: challenges and opportunities. *Food Technology*. 51: 61-74.
- Kusumawati DH dan Putri WDR. 2013. Karakteristik fisik dan kimia edible film pati jagung yang diinkorporasi dengan perasan temu hitam. *Jurnal Pangan Agroindustri*. 1(1):90-100.
- Mali S, Sakanaka LS, Yamashita F, Grossmann MVE. 2005. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate Polymer*. 60:283.
- McHugh TH dan Olsen CW. 2004. Tensile properties of fruit and vegetables edible films. *United States – Japan Cooperative Program In Natural Resources*. 104-108.
- Nisperos-Carriedo MO. 1994. *Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides*. Technomic Publishing Company Inc : Brazil.
- Omojola MO, Orishadipe AT, Afolayan MO, Adebisi, Adedayo B. 2012. Preparation and physicochemical characterization of icacina starch citrate – a potential pharmaceutical / industrial starch. *Agriculture and Biology Journal of North America* . 3(1):11-16.
- Perez, LAB, Acevedo EA, Hernandez LS, Lopez OP. 1999. Isolation and partical characterization of banana starches. *Journal Agricultural Food Chemical*. 47:854-857.
- Ramaraj B. 2007. Crosslinked poly (vinyl alcohol) and starch composite films. II. Physicomechanical, thermal properties and swelling studies. *Journal Applied Polymers Science*. 103:909-916.
- Rusli A, Metusalach S, dan Mulyati MT. 2017. Karakterisasi *edible film* karagenan dengan pemlastis gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 219-229.
- Shapi'i RA, Othman SH. 2016. Effect of concentration of chitosan on the mechanical, morphological and optical properties of tapioca starch film. *International Food Res Journal*. 23:187-193.
- Sreedhar B, Sairam M, Chattopadhyay DK, Syamala RPA, dan Mohan RDV. 2005. Thermal, mechanical, and surface characterization of starchpoly (vinyl alcohol) blends and borax-crosslinked films. *Journal Applied Polymers Science*. 96:1313–1322.
- Sudaryati HP, Mulyani ST, dan Hansyah ER. 2010. Sifat fisik dan mekanis edible film dari tepung porang (*amorphophallus oncophyllus*) dan karboksimetilselulosa. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(3):196-201.
- Wattanachant S, Muhammad SKS, Hashim DM, Rahman RA. 2002. Characterisation of hydroxypropylated crosslinked sago strach as compared to commercial modified starches. *Journal Science Technology*. 24: 439-450.
- Wattimena D, Ega L, dan Polnaya FJ. 2016. Karakteristik edible film pati sagu alami dan pati sagu fosfat dengan penambahan gliserol. *Jurnal Agritech*. 36(3):247-252.
- Wirawan S, Prasetya A, dan Ernie. 2012. Pengaruh plasticizer pada karakteristik edible film dari pektin. *Jurnal Reaktor*. 14(1):67.
- Woo KS dan Seib PA. 2002. Cross-linked resistant starch : Preparation and properties. *Journal Ceral Chemical*. 79:819-825.
- Yin Y, Li J, Liu Y, Li Z. 2005. Starch crosslinked with poly (vinyl alcohol) by boric acid. *Journal Applied Polymers Science*. 96:1394-1397.
- Yuliasih I, Irawadi TT, Sailah I, Pranamuda H, Setyowati K, Sunarti TC. 2007. Pengaruh proses fraksinasi pati sagu terhadap karakteristik fraksi amilosanya. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 17(1): 29-36.