

PENGEMBANGAN EDIBLE FILM DENGAN MENGGUNAKAN PATI GANYONG TERMODIFIKASI IKATAN SILANG

[Development of Edible Film by Using Modified Cross-Linking Ganyong Starch]

Budi Santoso*, Filli Pratama, Basuni Hamzah, dan Rindit Pambayun

Bidang Kajian Utama Teknologi Industri Pertanian Program Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian Progam Pascasarjana Universitas Sriwijaya

Diterima 08 Agustus 2010 / Disetujui 03 Oktober 2011

ABSTRACT

The objective of the research was to study chemical and physical characteristics of edible film of modified ganyong starch. The first step of the research was to make modified ganyong starch with cross linking method by using $POCl_3$. The second step is to make edible film from modified ganyong starch. The results showed that the phosphate content and value of substitution degree of modified ganyong starch increased, but its amylose and starch content decreased. Edible film made of ganyong starch modified with $POCl_3$ 0.08% had the lowest water vapor transmission rate ($18.25 \pm 0,003 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) and percentage elongation ($17.01 \pm 0,001\%$), but the highest puncture strength ($146.89 \pm 0.001 \text{ gf}$).

Key word : edible film, starch modification, ganyong starch, cross linking

PENDAHULUAN

Penggunaan *edible film* sebagai bahan kemasan pangan yang aman dikonsumsi oleh manusia telah banyak diteliti oleh para ahli pangan khususnya bidang teknologi kemasan. Fokus utama penelitian-penelitian bidang kemasan beberapa tahun terakhir ini adalah eksplorasi bahan biopolimer yang bersifat lokal dan bahan yang belum digunakan serta pengembangan metode pembuatan *edible film*. Salah satu bahan biopolimer *edible film* tersebut adalah pati ganyong. Secara kimia, komposisi amilosa dan amilopektin pati ganyong memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku *edible film*. Menurut Santoso *et al.* (2007), pati ganyong mengandung amilosa dan amilopektin berturut turut sebesar 21,14-24,44% dan 75,56-78,86%.

Penggunaan bahan biopolimer hasil pertanian sebagai bahan baku *edible film* baik secara tunggal maupun komposit masih mempunyai beberapa kekurangan antara lain sifat fleksibilitas, permeabilitas, dan kuat tarik yang belum memenuhi sebagai pengemas bahan pangan.

Santoso *et al.* (2007) menjelaskan bahwa *edible film* berbahan baku pati tapioka dan ganyong dapat digunakan secara komposit dengan bahan lain, seperti lipida. Namun demikian, *edible film* komposit tersebut masih mempunyai kelemahan terutama nilai laju transmisi uap airnya relative masih tinggi, yaitu 77-89 g/m^2 24 jam dibanding standar JIS 1975, yaitu maksimal 10 g/m^2 24 jam.

Garcia *et al.* (2000) melaporkan bahwa faktor utama penyebab tingginya nilai laju transmisi uap air *edible film* adalah komponen hidrofilik lebih tinggi dibanding komponen hidrofobik, namun peningkatan komponen hidrofobik dalam matrik *edible film* dapat menyebabkan penurunan elastisitas.

Selain komponen hidrofilik dan hidrofobik, nilai laju transmisi uap air juga dipengaruhi oleh pori-pori matrik *edible film*. Pori-pori *edible film* dipengaruhi oleh keseimbangan antara jumlah amilosa dan amilopektin dalam molekul pati yang digunakan (Harris, 2001).

Matrik *edible film* pati murni (*native starch*) terbentuk dari gabungan amilosa dan amilopektin melalui ikatan hidrogen yang bersifat lemah. Oleh karena itu, penguatan matrik *edible film* tersebut dapat dilakukan menguatkan ikatan hidrogen. Menurut Wurzburg (1989) reaksi ikatan silang (*cross linking*) memperkuat ikatan hidrogen granula pati dan berfungsi sebagai jembatan antara molekul pati. Pati termodifikasi dengan metode ikatan silang (*cross linking*) apabila dipanaskan dalam air, ikatan hidrogen akan melemah atau hancur tetapi granula pati akan tetap utuh.

Pembentukan pati ikatan silang dapat dilakukan dengan mereaksikan pati dengan pereaksi multifungsional, seperti $POCl_3$. Rutenberg, Solarek (1984) mengemukakan bahwa reaksi ikatan silang dengan menggunakan $POCl_3$ sebagai pereaksi membentuk senyawa diesterfosfat dengan molekul pati secara acak.

Penggunaan pati termodifikasi (*modified starch*) sangat penting untuk membantu pembentukan matrik *edible film*, karena senyawa $POCl_3$ akan membentuk ikatan silang (*cross-linking*) antara rantai amilosa satu dengan yang lain dalam granula pati melalui jembatan fosfat. Dengan adanya jembatan ini akan terbentuk suatu jala tiga dimensi yang berkesinambungan dan jala ini dapat memperangkap air melalui gugus OH reaktif yang tidak berikatan dengan $POCl_3$.

Ikatan silang rantai-rantai polimer pati terjadi pada gugus-gugus yang banyak mengandung OH reaktif terutama pada gugus OH nomor 2,3 dan 6. Jumlah gugus OH reaktif dipengaruhi oleh derajat *cross linking* dan konsentrasi pati. Pati yang termodifikasi melalui ikatan silang dapat membentuk matrik film yang kuat dan kaku. Sifat kaku ini dapat dikurangi dengan penambahan senyawa lain seperti gliserol.

*Korespondensi Penulis :
Email : zuhairabdulazis@yahoo.com

Penambahan gliserol pada matrik film sangat diperlukan, karena gliserol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hidrogen pada matrik ikatan intermolekuler. Kemampuan ini menjadikan gliserol sebagai *plastisizer* dan penambahan dalam *edible film* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh film yang disebabkan oleh kekakuan intermolekuler (Marseno, 2000).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia *edible film* berbasis pati ganyong termodifikasi ikatan silang (*cross linking*).

METODOLOGI

Bahan dan alat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Hasil Penelitian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, dan Laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan, Pasar Rebo Jakarta. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Oktober 2009 sampai April 2010.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate*, *magnetic stirrer*, pompa vakum, gelas *Beaker*, termometer, labu ukur, pH meter, LFRA *texture analyzer*, *Testing Machine MPY* (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan), *water vapor transmission rate tester Bergerlahr*, *water bath shaker*, neraca digital, open, cawan petri, labu erlenmeyer, spatula, dan desikator. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati ganyong (*Canna edulis* Kerr), POCl_3 , gliserol, aqudest, selika gel, NaOH, HCl, Na_2SO_4 , dan kertas whatman no 4.

Metode

Penelitian ini dibagi dalam dua tahap, yaitu pembuatan pati ganyong termodifikasi dan pembuatan *edible film* dari pati ganyong termodifikasi.

Pembuatan pati ganyong termodifikasi dengan metode ikatan silang (*cross linking*) menggunakan beberapa konsentrasi POCl_3 , yaitu 0,04%, 0,08% dan 0,12% v/v (Wattanachant *et al.*, 2003).

Pembuatan *edible film* pati ganyong murni dan termodifikasi dengan penambahan gliserol (Santoso *et al.*, 2007). Tujuan tahap ini adalah memperoleh film yang mempunyai karakteristik fisik terbaik.

Penelitian terdiri atas empat perlakuan pati ganyong murni (M_0), pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan POCl_3 0,04% (M_1 0,04%), pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan 0,08% (M_2 0,08%) dan pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan 0,12% (b/v) (M_3 0,12%) dengan lima kali ulangan serta pengolahan data menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial.

Pelaksanaan penelitian

Pembuatan pati ganyong termodifikasi (Wattanachant *et al.*, 2003). Natrium sulfat (Na_2SO_4) sebanyak 30g (15% berat kering

dari pati ganyong) ditambahkan ke dalam 300 mL air destilasi sambil diaduk dengan pengaduk magnetik stirrer skala 3.

Selanjutnya larutan ditambahkan pati sebanyak 200g sambil tetap diaduk. Kemudian NaOH 5% ditambahkan sambil diaduk dengan magnetik stirrer skala 8 untuk mencegah pati tergelatinisasi dan mengatur pH larutan mencapai 10,5 dan diaduk 30 menit pada suhu ruang. Larutan yang didapat diinkubasi dengan inkubator shaker pada suhu $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (200 rpm, 24 jam). POCl_3 sesuai perlakuan, yaitu sebanyak 0,04%; 0,08%; dan 0,12%(b/b) ditambahkan sambil diaduk dengan skala 8 menggunakan pengaduk magnetik stirrer selama 30 menit kemudian diinkubasi pada suhu $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (200 rpm, 2 jam), pH larutan diatur 5,5 dengan 10% larutan HCl yang bertujuan untuk menghentikan reaksi. Pati disaring menggunakan kertas Whatman no 4 sambil dicuci dengan air destilasi selama 5 menit. Pengeringan pati dilakukan pada suhu 45°C selama 6 jam sehingga didapatkan pati dengan kadar air 10-12%.

Pembuatan *edible film* pati ganyong termodifikasi (Santoso, 2006). Pati ganyong termodifikasi dengan POCl_3 (0,04%, 0,08%, dan 0,12%) dan pati murni masing-masing 4% (b/v) dimasukan dalam gelas Beaker 500 mL dan ditambahkan akuades 300 mL.

Selanjutnya suspensi diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan disaring lalu dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 65°C sampai terjadi gelatinisasi sempurna dan dilakukan penambahan gliserol sebanyak 3% (v/v) dan diaduk selama kurang lebih 10 menit. Kemudian suspensi dipindahkan dalam gelas Beaker untuk divakum dengan menggunakan pompa vakum selama 1 jam seterusnya suspensi dimasukan dalam cetakan berupa cawan petri dengan diameter 40 cm sebanyak 40mL dan dilakukan pengeringan dengan open pengering selama 12 jam. Selanjutnya *edible film* diangkat dari cetakan dan dimasukan dalam desikator selama 6 jam dan selanjut film siap dianalisa.

Analisa

Analisa yang dilakukan antara lain: Pada tahap pembuatan pati ganyong termodifikasi yaitu analisa amilosa, kadar pati, fosfat, dan derajat substitusi (DS).

Pada tahap pembuatan *edible film* pati ganyong termodifikasi: analisa yaitu karakteristik fisik *edible film* (laju transmisi uap air, persen pemanjangan, dan kuat tekan).

Data dianalisa dengan menggunakan analisa parametrik dan bila berbeda nyata maka diuji lanjut dengan menggunakan uji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimia pati ganyong termodifikasi

Pati ganyong yang dimodifikasi dengan menggunakan senyawa POCl_3 melalui metode ikatan silang (*cross linking*) mempunyai kadar air rata-rata 12,11%. Karakteristik kimia pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan beberapa konsentrasi POCl_3 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kimia pati ganyong murni dan termodifikasi

Perlakuan	Parameter			
	Fosfat (%)	Derajat Substitusi (DS)	Pati (%)	Amilosa (%)
M ₀	15,74± 0,0034 ^a	0,087 x 10 ⁻⁷ ± 0,003 ^a	41,35± 0,0064 ^a	17,60± 0,0042 ^a
M _t 0,04%	19,82± 0,0045 ^b	0,113 x 10 ⁻⁷ ± 0,003 ^b	39,36± 0,0063 ^b	15,16± 0,0039 ^{ab}
M _t 0,08%	23,47± 0,0049 ^c	0,135 x 10 ⁻⁷ ± 0,004 ^c	37,35± 0,0061 ^c	13,93± 0,0034 ^{bc}
M _t 0,12%	26,47± 0,0050 ^d	0,155 x 10 ⁻⁷ ± 0,004 ^d	35,87± 0,0059 ^d	10,85± 0,0033 ^c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata pada taraf 5%

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa karakteristik kimia pati ganyong murni mengalami perubahan secara signifikan setelah dilakukan proses modifikasi menggunakan beberapa konsentrasi POCl₃ dengan metode ikatan silang. Kadar fosfat pati ganyong murni mengalami peningkatan setelah dimodifikasi. Peningkatan konsentrasi POCl₃ pada proses modifikasi mengakibatkan kadar fosfat pada pati ganyong termodifikasi juga semakin meningkat. Peningkatan kadar fosfat pada pati ganyong disebabkan oleh senyawa POCl₃ khususnya gugus fosfat berikatan secara kimia dengan gugus OH yang mengikat gugus OH yang lain dalam bentuk jembatan hidrogen pada molekul pati ganyong. Sehingga, jembatan hidrogen dalam molekul pati tersebut disubstitusi oleh gugus fosfat.

Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi POCl₃ ditambahkan maka semakin tinggi kandungan fosfatnya dan semakin banyak jembatan hidrogen yang disubstitusi. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai derajat substitusi (DS) yang semakin tinggi. Selain itu, gugus fosfat juga dapat berikatan dengan gugus fosfat yang terdapat secara alami dalam pati ganyong murni. Gugus fosfat terdapat secara alami yang terikat pada atom C₆, C₂ dan C₃ pada satuan glukosa pati dengan rasio yang beragam (Abe *et al.*, 1982). Menurut Thitipraphunkul *et al.* (2003), Pati ganyong mengandung unsur fosfor 25 mg/100 g pati dan kalsium 25 mg/ 100 g pati, yang berada dalam ikatan ester membentuk pati-fosfat-kalsium sehingga disebut pati-kalsium.

Pati ganyong yang telah dimodifikasi kadar amilosanya mengalami penurunan dengan semakin tinggi konsentrasi POCl₃ yang digunakan, hal ini dapat dijelaskan dengan dua alasan, secara fisik dan secara kimia.

Secara fisik molekul amilosa mempunyai afinitas yang lebih tinggi terhadap senyawa POCl₃ dibanding amilopektin, karena amilosa adalah molekul yang berbentuk rantai lurus dan gugus fungsional khususnya OH pada atom C-2 yang paling reaktif posisinya lebih terbuka atau lebih mudah terjangkau oleh senyawa POCl₃ dibanding dengan amilopektin. Senyawa amilopektin bentuknya bercabang, dengan bentuk ini afinitas POCl₃ rendah, karena letak gugus fungsional OH pada posisi tersembunyi atau didalam lipatan cabang.

Secara kimia, gugus fungsional OH khususnya pada atom C-2 sangat bebas dan mudah sekali bereaksi dengan senyawa lain karena posisi sangat terbuka dan dibanding gugus fungsional OH atom C-2 pada amilopektin agak lebih sulit, karena rantai cabang akan membentuk ikatan hidrogen antara

cabang yang satu dengan yang lain, hal ini yang menyebabkan POCl₃ sulit untuk bereaksi dengan OH. Gugus OH yang dapat disubstitusi dengan gugus lain dalam satu unit anhidroglukosa ada empat gugus OH, yaitu gugus OH yang terdapat pada C-2, C-3, dan C-4 (ketiganya merupakan gugus OH sekunder) dan C-6 yang merupakan gugus OH primer. Gugus OH sekunder, terutama gugus OH C-2 lebih reaktif dibandingkan gugus OH primer (Tuschhoff, 1989). Van de Burgt *et al.* (2000) menambahkan bahwa kereaktifan gugus OH C-2 adalah 60-65%, gugus OH C-3 adalah 20% dan gugus OH C-6 adalah 15-20%. Substitusi gugus OH pada bagian amilosa lebih tinggi 1,6-1,9 kali (dalam molar substitusi) dibandingkan amilopektin. Amilosa ini berada pada bagian amorf. Gugus OH pada bagian amorf dua kali lebih mudah disubstitusi dengan gugus lain per unit anhidroglukosa dibandingkan dengan amilopektin.

Kadar pati ganyong murni mengalami penurunan setelah pati tersebut dimodifikasi dan semakin tinggi konsentrasi POCl₃ yang ditambahkan kadar pati ganyong semakin menurun. Hal ini disebabkan jembatan hidrogen pada molekul pati disubstitusi oleh senyawa fosfat sehingga terbentuk jembatan fosfat pada molekul pati yang terjadi pada molekul amilosa seperti yang dijelaskan di atas dan jembatan ini apabila dianalisa tidak terdeteksi sebagai senyawa pati dan inilah yang menyebabkan kadar pati semakin turun dengan semakin banyaknya jembatan fosfat yang terbentuk.

Karakteristik fisik edible film pati ganyong termodifikasi

Penelitian tahap 2 lebih ditekankan untuk menentukan jenis pati ganyong yang dapat diterapkan sebagai bahan baku *edible film* sesuai dengan *Japan International Standard* (JIS, 1975). Karakteristik *edible film* pati ganyong termodifikasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik *edible film* pati ganyong murni (M₀) dan pati ganyong termodifikasi (M_t) dengan menggunakan beberapa konsentrasi POCl₃

Perlakuan	Parameter		
	Laju Transmisi Uap Air (gr/m ² hari)	Kuat Tekan (gf)	Persen Pemanjangan (%)
M ₀	17,83 ± 0,001 ^a	141,21 ± 0,004 ^b	19,05 ± 0,003 ^b
M _t 0,04%	19,83 ± 0,002 ^b	136,64 ± 0,002 ^a	21,03 ± 0,001 ^c
M _t 0,08%	18,25 ± 0,003 ^a	146,89 ± 0,001 ^c	17,01 ± 0,001 ^a
M _t 0,12%	18,95 ± 0,001 ^{ab}	123,69 ± 0,003 ^d	24,02 ± 0,002 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berarti berbeda nyata pada taraf 5%

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong murni (M₀) lebih rendah dibanding *edible film* pati ganyong termodifikasi. Hal ini disebabkan granula pati ganyong termodifikasi struktur molekulnya menjadi lebih terbuka akibat terjadinya substitusi jembatan hidrogen oleh gugus fosfat. Substitusi jembatan hidrogen oleh gugus fosfat terjadi pada struktur amilosa sehingga jumlah molekul amilosa dalam senyawa pati akan berkurang dan hal ini akan berdampak pada matrik film yang terbentuk menjadi kurang rapat dibanding pati murni.

Matrik film yang tidak rapat akan lebih mudah ditembus oleh uap air. Hasil penelitian ini sejalan dengan Garcia *et al.* (2000)

yang melaporkan bahwa secara teoritis untuk film dari pati semakin tinggi kandungan amilosa dalam matrik film maka permeabilitas terhadap uap air semakin menurun karena amilosa yang berantai lurus akan membentuk jaringan yang rapat. Krochta *et al.* (1994) menambahkan bahwa amilosa memiliki sifat transparansi, kekuatan, dan elastisitas yang rendah tetapi tinggi kerapatannya. Sebaliknya, amilopektin memiliki sifat transparansi tinggi, demikian juga kekuatan dan elastisitasnya tetapi rendah kerapatannya.

Sifat transparansi akan mempengaruhi derajat kejernihan film, kerapatan akan mempengaruhi porositas film sehingga akan mempengaruhi laju transmisi gas dan uap air. Selanjutnya Cynthia (2005) menjelaskan bahwa penambahan POCl_3 menyebabkan penurunan kemampuan pati sagu untuk berinteraksi dengan air sehingga air bebas yang berada dalam suspensi film selama pengeringan dalam oven 70°C akan menguap dan menimbulkan terbentuknya pori-pori pada film. Terbentuknya pori-pori ini pada film menyebabkan penurunan ketahanan uap air yang menyebabkan peningkatan nilai transmisi uap air film.

Secara teori semakin tinggi konsentrasi POCl_3 ditambahkan maka jembatan fosfat yang terbentuk makin banyak dan struktur pati akan makin terbuka sehingga laju transmisi film makin tinggi, namun hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan laju transmisi uap air pada konsentrasi POCl_3 0,08% dan hasil ini berbeda tidak nyata dari film pati murni. Hal ini dapat dijelaskan dengan mekanisme terbentuknya edible film dari pati.

Pembentukan edible film berbahan baku pati dimulai dari pecahnya granula dan diikuti keluarnya amilosa yang membentuk jaringan yang mengelilingi granula tersebut sehingga terjadi interaksi antara amilosa satu dengan amilosa lainnya dan antara amilosa dengan granula itu sendiri. Pada saat terjadi interaksi antar amilosa diduga struktur molekul amilosa satu dengan yang lain dalam keadaan homogen (terjadi pertemuan jembatan hidrogen pada satu amilosa dengan amilosa lain dan begitu juga halnya dengan jembatan fosfat). Interaksi molekul amilosa dan fosfat yang demikian menyebabkan matrik film akan terbentuk lebih rapat. Matrik edible film yang rapat sulit untuk ditembus oleh uap air.

Alasan yang dijelaskan diatas juga menyebabkan edible film yang dihasilkan mempunyai kekuatan tekan lebih besar dibanding film pati murni dan pati modifikasi dengan konsentrasi POCl_3 lainnya. Film pati murni lebih besar kekuatan tekannya dibanding dengan pati modifikasi POCl_3 konsentrasi 0,04% dan 0,12% karena kandungan amilosa pati murni lebih tinggi dibanding pati termodifikasi dan hal ini mengakibatkan matrik film akan menjadi lebih tebal, rapat, padat, dan kaku.

Hasil ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Yildirin, Hettaiarachchy (1998) bahwa kekuatan tekan dipengaruhi oleh rigiditas film dan Atichokudomchai *et al.* (2003) juga menambahkan bahwa ikatan hidrogen inter- dan intra- sulur mengakibatkan terbentuknya struktur amilosa mirip dengan siklodekstrin yang bersifat hidrofobik dalamnya. Persen pemanjangan sangat erat kaitannya dengan rigiditas (kekakuan) film, apabila film tingkat rigiditas tinggi maka persen pemanjangan rendah.

Nilai laju transmisi uap air dan persen pemanjangan edible film pati ganyong termodifikasi yang dihasilkan belum

memenuhi standar JIS 1975 karena standar ini mensyaratkan bahwa film maksimal memiliki laju transmisi uap air $10 \text{ g.m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ dan persen pemanjangan minimal 70% (Krochta *et al.*, 1994).

KESIMPULAN

Kadar pati, dan amilosa pati ganyong mengalami penurunan setelah proses modifikasi berturut-turut ($17,60 \pm 0,004\%$ menjadi $10,85 \pm 0,003\%$) dan ($41,35 \pm 0,004\%$ menjadi $35,87 \pm 0,006\%$). Kadar fosfat dan derajat substitusi pati ganyong mengalami peningkatan setelah proses dimodifikasi ikatan silang berturut-turut ($15,74 \pm 0,003\%$ menjadi $26,47 \pm 0,005\%$) dan ($0,087 \times 10^{-7} \pm 0,003\%$ menjadi $0,155 \times 10^{-7} \pm 0,004\%$). Edible film pati ganyong termodifikasi pada konsentrasi POCl_3 0,08% memiliki laju transmisi uap air ($18,25 \pm 0,003 \text{ g.m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$), persen pemanjangan ($17,01 \pm 0,001\%$), dan kuat tekan ($146,89 \pm 0,001 \text{ gf}$). Edible film pati ganyong yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS 1975.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe J, Takeda Y, Hizukuri S. 1982. Action of Glucoamylase from *Aspergillus niger* on Phosphorylated Substrate. *Biochem. Biophys. Acta* 703: 26.
- Atichokudomchai N, Varavinit S. 2003. Characterization and utilization of acid modified cross-linked tapioca starch in pharmaceutical tablets. *Carbohydr Polym* 53: 263-270.
- Cynthia Emanuel. 2005. Pengaruh fosforilasi dan penambahan asam stearat terhadap karakteristik film edible pati sagu. Tesis Sekolah Pascasarjana Program Studi Ilmu Pangan IPB. Tidak Dipublikasikan.
- Garcia MA, Martino MN, Zaritzky NE. 2000. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-Based Film and Coating. *J Food Sci* 65(6): 941-947.
- Harris H. 2001. Kemungkinan penggunaan edible film dari tapioka untuk pengemas lempok. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 3(2): 99-106.
- Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO. 1994. Edible Coatings and Film to Improve Food Quality. Technomic. Publi. Co. Inc., USA.
- Marseno DW. 2000. Pengaruh Sorbitol Terhadap Sifat Mekanik dan Transmisi Uap Air Film dari Pati Jagung. Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan. Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur-Yogyakarta.
- Rutenberg MW, Solarek D. 1984. Starch derivate: Production and uses dalam Whisler RL, BeMiller JN, Paschall EF editor *Starch: Chemistry and Technology*. Tokyo: Academic Press. Inc.,
- Santoso B. 2006. Karakterisasi edible film buah kolang kaling (*Arenga pinnata*) dan lilin lebah (Beeswax). *J Teknol dan Industri Pangan* 17(2): 100-117.
- Santoso B, Manssur A, Malahayati N. 2007. Karakteristik sifat fisik dan kimia edible film dari pati ganyong. Seminar hasil-

- hasil penelitian dosen ilmu pertanian dalam rangka semirata BKS PTN Wilayah Barat. Universitas Riau, 14-17 Juli 2007.
- Thitipraphunkul K, Uttapa D, Piyachomkwan K, Takeda Y. 2003. Molecular Structure and Pasting Properties of Edible Canna (*Canna edulis* Ker) Starch. The 2nd Conference on Starch Technology, 19-20 July 2003, Pattaya.
- Tuschhoff JV. 1989. Hydroxypropylated starches. Di dalam Wurzburg, O.B. (Ed.) Modified acid in dreid guava during storage. J Food Eng 51:21-26.
- Van de Burgt YEM, Bergsma J, Bleeker PI, Mijland CHJP, Kamerling PJ, Vliegthart GFJ. 2000. Structural studies on methylated starch granules. Reviews. Starch/Starke. 53: 281-287.
- Wattanachant S, Muhammad K, Hashim DM, Rahman RA. 2003. Effect of cross-linking reagents and hydroxypropylation levels on dual modified tapioca starch properties. J Food Chem 80: 463-471.
- Wurzburg OB. 1989. Modified starch, properties, and uses. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Yildirim M, Hettiarachchy SN. 1989. Properties of cast films from pickle fermentation brine protein. J Agri Food Chem 46: 4969-4972.