

PENGARUH PLASTICIZER PADA KARAKTERISTIK EDIBLE FILM DARI PEKTIN

Sang Kompiang Wirawan^{*)}, Agus Prasetya, dan Ernie

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika 2, Kampus UGM Yogyakarta 55281, Telp. 0274-6492171, Fax. 0274-6492170

^{*)}Penulis korespondensi: skwirawan@chemeng.ugm.ac.id

Abstract

EFFECT OF PLASTICIZER ON THE PECTINIC EDIBLE FILM CHARACTERISTICS. *The peel of Balinese Citrus contains high concentration of pectin which can be further processed to be edible films. The edible films can be utilized as a food coating which protects the food from any external mass transports such as humid, oxygen, and soluble material and can be served as a carrier to improve the mechanical-handing properties of the food. Edible films made of organic polymers tend to be brittle and thus addition of a plasticizer is required during the process. The work studies the effect of the type and the concentration of plasticizers on the tensile strength, the elongation of break, and the water vapor permeability of the edible film. Sorbitol and glycerol were used as plasticizers. Albedo from the citrus was hydrolized with hydrochloride acid 0.1 N to get pectinate substance. Pectin was then dissolved in water dan mixed with the plasticizers and $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ solution. The concentrations of the plasticizers were 0, 0.03, 0.05, 0.1, and 0.15 mL/mL of solution. The results showed that increasing the concentration of plasticizers will decrease the tensile strength, but increase the elongation and film permeability. Sorbitol-plasticized films are more brittle, however exhibited higher tensile strength and water vapor permeability than of glycerol-plasticized film. The results suggested that glycerol is better plasticizer than sorbitol.*

Keywords: *edible film; pectin; permeability; plasticizers; tensile strength*

Abstrak

Kulit jeruk bali banyak mengandung pektin yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku edible film. Edible film bisa digunakan untuk melapisi bahan makanan, melindungi makanan dari transfer massa eksternal seperti kelembaban, oksigen, dan zat terlarut, serta dapat digunakan sebagai carrier untuk meningkatkan penanganan mekanik produk makanan. Film yang terbuat dari bahan polimer organik ini cenderung rapuh sehingga diperlukan penambahan plasticizer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar dan jenis plasticizer terhadap kuat tarik, persentase elongation dan permeabilitas uap air dari pektin edible film. Plasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah sorbitol dan gliserol. Serbuk albedo dari kulit jeruk bali dihidrolisis dengan larutan asam klorida 0,1 N untuk mendapatkan pektin. Pektin kemudian dilarutkan dalam air dan dicampurkan dengan plasticizer dan larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Kadar plasticizer yang digunakan adalah 0; 0,03; 0,05; 0,10; 0,15 mL/mL larutan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin banyak plasticizer yang digunakan akan menurunkan nilai kuat tarik film tetapi menaikkan nilai percent elongation of break dan permeabilitas film. Film dengan plasticizer sorbitol lebih rapuh namun memberikan nilai kuat tarik dan permeabilitas uap air yang lebih tinggi dibandingkan film dengan plasticizer gliserol. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gliserol merupakan plasticizer yang lebih baik.

Kata kunci: *edible film; pektin; permeabilitas; plasticizers; kuat tarik*

PENDAHULUAN

Jeruk Bali merupakan salah satu tanaman hortikultura Indonesia. Produksinya yang besar tentu akan menghasilkan limbah kulit jeruk dalam jumlah yang besar. Salah satu cara pemanfaatan limbah ini adalah dengan mengekstrak pektin yang ada didalamnya. Menurut Kertsz (1951), pektin

merupakan suatu senyawa biopolimer polisakarida yang memiliki kemampuan membentuk gel. Pektin banyak digunakan dalam pembuatan agar-agar, selai dan kembang gula pada industri pangan. Dalam industri farmasi dan kosmetik, senyawa ini digunakan sebagai pencampur krim, pasta, salep, dan penstabil emulsi minyak dan air, pembuatan tablet, pil dan lain-

lain. Salah satu pemanfaatan pektin yang belum banyak dikembangkan adalah sebagai bahan pembuatan *edible film*. *Edible film* adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan dan digunakan untuk melapisi makanan (*coating*), sebagai *barrier* terhadap transfer massa (misalnya kelembaban, oksigen, dan zat terlarut). *Edible film* ini bersifat *biodegradable* dan dapat dimakan sehingga dapat mengurangi penggunaan kemasan yang *non-degradable* (Bourtoom, 2006).

Pembuatan film dari pektin diawali dengan membuat larutan pektin metoksil rendah kemudian diikuti dengan larutan yang mengandung Ca^{2+} untuk membentuk gelatinasi. Pelapis jenis ini memiliki permeabilitas uap air yang tinggi sehingga untuk mencegah terjadinya dehidrasi, maka pelapis ini dilapisi lagi dengan *lipid* yang akan menurunkan permeabilitas uap airnya. *Lipid* penyusun film di antaranya *waxes*, *acylglycerols*, dan asam lemak (Krochta, 1994). *Edible film* yang terbentuk dari pektin biasanya bersifat rapuh sehingga diperlukan penambahan *plasticizer* untuk mengubah sifat fisik dari film. *Plasticizer* dapat menurunkan gaya intermolekul dan meningkatkan fleksibilitas film dengan memperlebar ruang kosong molekul dan melemahkan ikatan hidrogen rantai polimer (Suppakul, 2006). Penggunaan *plasticizer* harus diminimalkan karena beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa *plasticizer* dapat meningkatkan permeabilitas uap air dan menurunkan sifat kohesi film yang mempengaruhi sifat mekanik film (Silva dkk., 2009). Jenis *Plasticizer* yang paling umum digunakan pada pembuatan *edible film* adalah gliserol, sorbitol dan polietilen glikol. Karena sifatnya yang hidrofilik maka *plasticizer* ini cenderung banyak menyerap uap air (Suppakul, 2006; Laila, 2008).

Kadar *plasticizer* yang digunakan pada pembuatan *edible film* dapat mempengaruhi kuat tarik lapisan film. Tekanan turun dan ketegangan meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan *plasticizer* dalam seluruh lapisan film (Cervera dkk., 2004). Ketika suatu *plasticizer* tidak bergabung dalam jaringan polimer, maka jarak antara rantai-rantai polimer semakin melebar. Karena pengaruh kuat tariknya, pergerakan dari rantai polimer berada pada *plasticized film*, sehingga terjadi penurunan suhu transisi gelas dari material-material rantai polimer dan terjadi peningkatan kelenturan dari material-material itu (Suppakul, 2006). Penelitian Bozdemir dan Tutas (2003) menunjukkan bahwa gliserol merupakan *plasticizer* dengan kemampuan menurunkan ikatan hidrogen antar polimer yang terbesar sedangkan sorbitol merupakan yang terkecil dibandingkan dengan *plasticizer* lain seperti propilen glikol dan polietilen glikol. Namun ikatan hidrogen antar polimer yang kuat akan membuat film yang terbentuk menjadi keras dan kurang fleksibel, dan begitu pula sebaliknya.

Salah satu sifat *edible film* yang sangat penting agar dapat berfungsi dengan baik sebagai pelapis makanan adalah permeabilitas uap air (*water vapor*

permeability). *Water vapor permeability (WVP)* adalah kemampuan dari film untuk menahan laju uap air yang menembusnya. Permeabilitas film dipengaruhi oleh beda konsentrasi antara satu sisi dengan sisi yang lain. Semakin besar beda konsentrasi maka transfer massa yang terjadi semakin cepat. Selain itu permeabilitas juga dipengaruhi oleh tebal dari film. Permeabilitas uap air (*WVP*) dari film dapat diestimasi dengan persamaan:

$$WVP = \frac{WVTR}{\Delta P} \times \delta_m \quad (1)$$

dengan *WVTR* (*water vapor transmission rate*, $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) merupakan kecepatan perpindahan uap air per satuan luas sel permeasi, δ_m (m) merupakan ketebalan film rata-rata, dan ΔP (Pa) merupakan perbedaan tekanan parsial uap air di antara kedua sisi film (Krochta, 1994)

Sifat film yang lain yang juga menentukan kualitas *edible film* adalah sifat mekanik. Sifat-sifat mekanik ini meliputi kuat tarik (*tensile strength*) dan pemanjangan (*elongation*). Kuat tarik menunjukkan nilai gaya yang diperlukan untuk menarik benda hingga mencapai kondisi dimana benda itu patah. Kuat tarik diukur dari gaya yang dibutuhkan per satuan luas penampang benda. Gaya yang bekerja pada kuat tarik yaitu gaya aksial atau gaya longitudinal sehingga luas penampang yang bekerja untuk menahan gaya tersebut adalah luasan dari lebar dan tebal benda. Kuat tarik (*Ts*) dapat dirumuskan :

$$Ts = \frac{F}{z \times \delta} \quad (2)$$

dengan *F* adalah gaya longitudinal yang bekerja pada benda, *z* adalah lebar benda, dan δ adalah tebal benda (Fatimah, 1987). Ketika benda ditarik maka benda tersebut akan bertambah panjang yang dinamakan dengan pemanjangan (*elongation*). Benda mengalami pemanjangan maksimum saat benda tersebut tepat akan patah. Pemanjangan atau *percent elongation of break* (*E*) dapat dirumuskan:

$$E = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

dengan L_0 adalah panjang sampel awal dan L_1 adalah panjang sampel akhir (Fatimah, 1987).

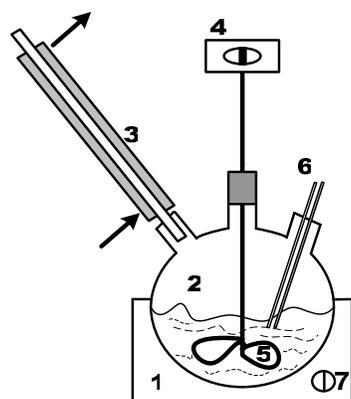
Penelitian mengenai *edible film* dari pektin kulit jeruk belum banyak dilakukan terutama pada pengujian karakteristik *edible film* dari bahan *plasticizer* yang berbeda. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh kadar dan komposisi *plasticizer* terhadap permeabilitas uap air dan sifat mekanik dari film yang dihasilkan (kuat tarik dan *percent elongation of break*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk penelitian lebih lanjut sehingga komposisi *plasticizer* dapat dioptimasi untuk mendapatkan *edible film* yang tepat dan sesuai kebutuhan. Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah, semakin tinggi kadar *plasticizer*, nilai permeabilitas uap air film semakin besar dan semakin tinggi kadar *plasticizer*, nilai kuat tarik film akan

semakin menurun sedangkan persentase *elongation of break* pada film akan semakin besar.

METODE PENELITIAN

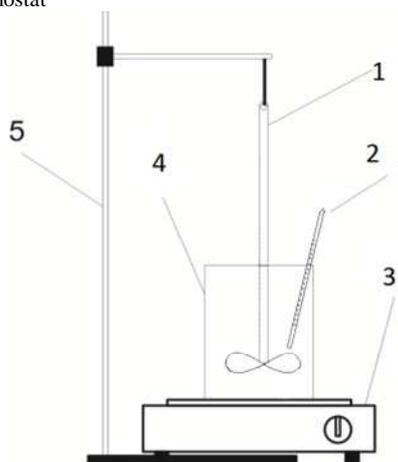
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah buah jeruk bali, larutan asam klorida 37%, etanol 96%, gliserol, sorbitol, NaCl, silica gel, CaCl₂.2H₂O, dan *aquadest*. Rangkaian alat percobaan terdiri dari (1) alat hidrolisis yang terdiri dari pemanas mantel, labu leher tiga, pendingin balik, pengaduk, termometer dan termostat, (2) pembuatan film terdiri dari pengaduk merkuri, termometer, kompor dan gelas beker, serta alat analisis. Rangkaian alat disajikan pada Gambar 1, 2, dan 3.



Keterangan:

- 1. Pemanas mantel
- 2. Labu leher tiga
- 3. Pendingin balik
- 4. Motor pengaduk
- 5. Pengaduk
- 6. Termometer
- 7. Termostat

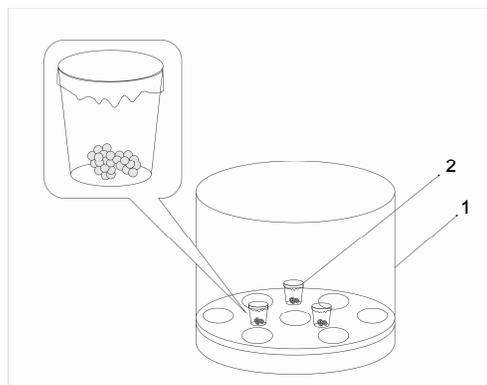


Keterangan:

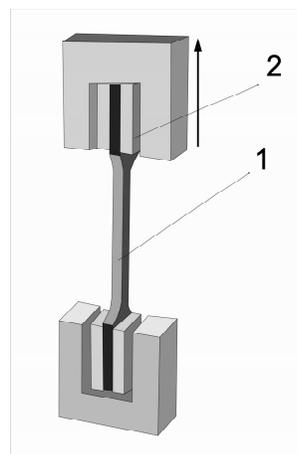
- 1. Pengaduk Merkuri
- 2. Termometer Alkohol
- 3. Kompor

- 4. Gelas Beker
- 5. Statif

Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis dan pembuatan *edible film*



Gambar 2. Rangkaian alat analisis permeabilitas uap air *film* (1) eksikator, (2) sel permeasi (gelas berdiameter 4 cm)



Gambar 3. Rangkaian alat uji kuat tarik (1) *Universal Testing Instrument (UTI) LLYOD K* dengan spesifikasi *Load range 0-5000 N, ekstension range 0-1000 mm, crosshead speed 100,00 mm/min*, (2) sampel film

Prosedur Penelitian
Pemungutan pektin

Kulit jeruk bali (bagian yang putih) dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dan digiling sehingga diperoleh serbuk albedo. Serbuk albedo kemudian dicampurkan dengan larutan HCl 0,1 N yang telah dipanaskan sampai suhu 60°C. Hidrolisis ini dilakukan dalam labu leher tiga pada *waterbath* pada suhu 80°C selama 1 jam. Hasil hidrolisis disaring dengan kain saring kemudian diambil filtratnya dan dicampur dengan etanol 96% agar terjadi gumpalan. Gumpalan disaring dengan kertas saring kemudian

dikeringkan dan dimasukkan dalam oven pada suhu 80°C selama 5 jam sehingga diperoleh pektin .

Pembuatan edible film dari pektin

Pembuatan *edible film* dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, 0,015 g/mL pektin dilarutkan dalam 200 mL larutan yang telah mengandung 0,6 g *plasticizer*/g pektin pada suhu kamar sambil diaduk dengan pengaduk merkuri selama 1½ jam agar larutan homogen. Larutan dipanaskan sampai 70°C kemudian dimasukkan larutan CaCl₂.2H₂O sebanyak 0,04 g/g pektin dalam 30 mL *aquadest* selama 30 menit (sedikit demi sedikit). Setelah larutan tercampur seluruhnya pengadukan dihentikan dan larutan dituang pada teflon kemudian dikeringkan dengan oven vakum pada suhu 50°C selama 15 jam. Pada tahap kedua, film yang sudah terbentuk dicelupkan dalam 50 mL larutan CaCl₂.2H₂O (0,03 g/mL) yang sudah mengandung *plasticizer* (0; 0,03; 0,05; 0,10; 0,15 mL/mL larutan) selama 30 menit. Film dipisahkan dari larutan kemudian dibiarkan mengering pada suhu lingkungan selama 6 jam. Film yang sudah mengering disimpan pada eksikator berisi silika gel selama 1 hari.

Metode analisis permeabilitas uap air

Pengujian permeabilitas uap air dilakukan mengikuti prosedur ASTM (1996) E96 dengan beberapa modifikasi. Film yang akan diuji, dibentangkan menutupi tabung sel permeasi yang berbentuk lingkaran dengan diameter 4 cm. Di dalam sel permeasi dimasukkan *silica gel* (0% RH). Setelah ditutupi dengan film, sel permeasi ini dimasukkan dalam eksikator yang telah diisi larutan NaCl yang jenuh (70% RH) pada suhu 30°C. Laju perpindahan uap air dapat ditentukan dari penimbangan berat sel permeasi setiap 1 jam sampai diperoleh beberapa titik. Kemudian dilakukan pengukuran ketebalan film di beberapa titik dengan mikrometer.

Metode analisis sifat mekanik film

Pengujian sifat mekanik dilakukan dengan prosedur ASTM 882-91 dengan beberapa modifikasi.

Kuat tarik dan persentase *elongation of break* (E) diukur dengan menggunakan *Universal Testing Instrument (UTI)* dengan spesifikasi *load range* 0-5000 N, *extension range* 0-1000mm, *crosshead speed* 100,00 mm/menit.

Analisis Data

Sifat-sifat mekanik

Sifat mekanik yang diukur yaitu kuat tarik dan pemanjangan dari sampel yang akan diuji. Untuk kuat tarik (Ts) dari sampel film dihitung dengan rumus pada persamaan (2), dan nilai *percent elongation of break* (E) langsung terbaca secara digital pada *UTI*.

Permeabilitas uap air film

Data perubahan berat dalam sel tiap 1 jam diperoleh beberapa titik sehingga dapat dibuat grafik sebagai fungsi waktu. *Water Vapor Transmission Rate (WVTR)* dihitung dari *slope* grafik perubahan berat sel tiap satuan waktu dibagi dengan luas perpindahan massa. Setelah tes permeasi, ketebalan film diukur, lalu *WVP* dapat dihitung dengan persamaan:

$$WVP = \frac{WVTR}{Ps(RH_1 - RH_2)} \times \delta_m \tag{4}$$

dengan Ps adalah tekanan uap air jenuh (Pa) pada suhu percobaan (30°C), RH₁ adalah *relative humidity*, RH dalam eksikator , RH₂ adalah RH dalam sel permeasi, dan δ_m adalah ketebalan rerata lapisan film (m).

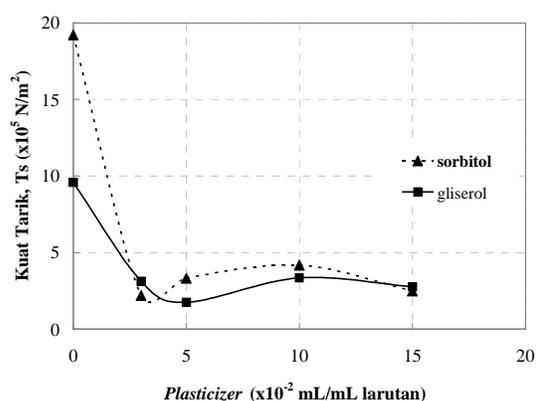
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis dan Kadar Plasticizer terhadap Sifat Mekanik Film dari Pektin

Analisis pengaruh dan jenis kadar *plasticizer* terhadap sifat mekanik film dari pektin dilakukan dengan memvariasikan jenis *plasticizer* yang ditambahkan dalam larutan film yaitu gliserol dan sorbitol serta kadar *plasticizer* pada tahap kedua sebesar 0; 0,03; 0,05; 0,10; 0,15 mL/mL larutan. Sifat mekanik yang dianalisis adalah kuat tarik dan *percent elongation of break*. Hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 1 serta Gambar 4 dan 5.

Tabel 1. Nilai Kuat Tarik, *Elongation of Break* dan *WPV Edible Film* dari Pektin untuk Berbagai Jenis dan Kadar *Plasticizer* pada suhu 50°C

<i>Plasticizer</i>	Kadar (x 10 ⁻² mL/mL larutan)	Kuat Tarik (x 10 ⁵ N/m ²)	<i>Elongation of Break</i> (%)	WVP (x 10 ⁻¹² g.m/(m ² .s.Pa))
Gliserol	0	9,5682	4,98	0,7306
	3	3,1213	19,20	1,0303
	5	1,7467	25,68	1,1616
	10	3,3412	37,82	1,2121
	15	2,7703	20,02	1,0236
Sorbitol	0	19,2070	8,42	1,1313
	3	2,1883	15,14	1,2492
	5	3,3136	22,10	1,8586
	10	4,1806	31,58	1,3636
	15	2,4925	23,00	2,1818



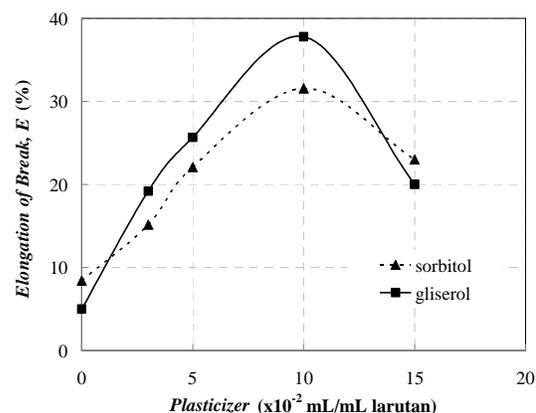
Gambar 4. Grafik nilai kuat tarik *edible film* dari pektin untuk berbagai jenis dan kadar *plasticizer* pada suhu 50°C

Pada Gambar 4 dapat terlihat bahwa untuk rentang kadar *plasticizer* 0-0,15 mL/mL larutan, semakin tinggi kadar *plasticizer* yang diberikan pada film maka nilai kuat tarik film cenderung menurun. Hal ini terjadi karena sorbitol dan gliserol dapat mengurangi gaya intermolekuler pada rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan memperlebar jarak antar molekul, serta mengurangi ikatan hidrogen pada rantai polimer. Hasil percobaan untuk jenis *plasticizer* menunjukkan bahwa film yang menggunakan *plasticizer* berupa sorbitol menghasilkan kuat tarik film yang lebih besar dibandingkan film dengan *plasticizer* gliserol. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi sorbitol dalam pengujian kuat tarik film sebagai *plasticizer* lebih besar daripada gliserol. Menurut Laila (2008), kuat tarik dan efisiensi *plasticizer* tergantung pada berat molekulnya. Kuat tarik *edible film* akan meningkat dengan meningkatnya berat molekul. Dalam hal ini sorbitol dengan berat molekul 182,17 akan memberikan efek kuat tarik yang lebih besar terhadap *edible film* dibandingkan gliserol dengan berat molekul 92,09.

Sedangkan berdasarkan sifatnya, gliserol lebih volatil daripada sorbitol, sehingga diperkirakan volume gliserol yang hilang akibat proses pembuatan dan pengovenan lebih banyak daripada sorbitol. Hal ini mengakibatkan gugus OH pada gliserol yang akan membentuk ikatan intermolekuler dengan rantai polimer juga berkurang. Selain itu, berdasarkan molekulnya, gugus OH pada sorbitol lebih banyak dibanding gugus OH pada gliserol dalam kadar yang sama sehingga dimungkinkan terjadinya ikatan intermolekuler yang terbentuk juga semakin banyak. Penjelasan ini memperkuat alasan kenapa *plasticizer* sorbitol dapat menghasilkan *edible film* dengan kuat tarik lebih besar (Donhowe dan Fennena, 1993).

Gambar 5 menunjukkan bahwa untuk kadar *plasticizer* dari 0-0,10 mL/mL larutan, semakin tinggi kadar *plasticizer* yang ditambahkan, maka persentase *elongation of break* juga semakin besar. Dari segi sifat film yang terbentuk, film dengan *plasticizer* gliserol

lebih fleksibel dan elastis daripada film dengan *plasticizer* sorbitol.



Gambar 5. Grafik presentase *elongation of break* *edible film* dari pektin untuk berbagai jenis dan kadar *plasticizer* pada suhu 50°C

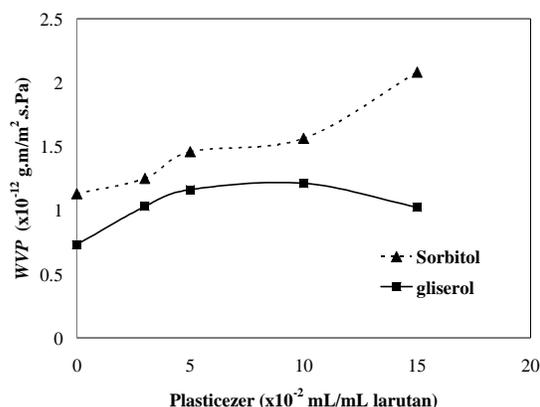
Hal ini disebabkan kecenderungan sorbitol untuk membentuk fase kristal lebih tinggi karena memang pada suhu kamar sorbitol dalam bentuk kristal sedangkan gliserol dalam fase cair. Titik leleh kristal sorbitol adalah 95°C sedangkan titik beku gliserol adalah 17,8°C. Kristalinitas sorbitol pada film menyebabkan nilai kuat tarik meningkat, tapi di sisi lain menyebabkan fleksibilitas film menurun (Cervera dkk., 2004). Pada kadar *plasticizer* sebesar 0,15 mL/mL persentase *elongation* menurun. Hal ini mungkin terjadi karena waktu pengeringan yang terlalu lama dan tekanan yang kadang tidak konsisten.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka nilai kuat tarik cenderung menurun sedangkan persentase *elongation of break* cenderung naik dan sorbitol memberikan nilai kuat tarik yang lebih tinggi daripada gliserol, namun memberikan nilai *elongation of break* yang lebih rendah daripada gliserol karena sorbitol lebih bersifat rapuh (*brittle*).

Pengaruh Jenis dan Kadar *Plasticizer* terhadap Permeabilitas Uap Air *Edible Film*

Pengaruh jenis dan kadar *plasticizer* terhadap permeabilitas uap air film dari pektin dipelajari dengan memvariasikan kadar *plasticizer* sebesar 0; 0,03; 0,05; 0,10; 0,15 mL/mL larutan. Hasil percobaan disajikan pada Tabel 1 dan kecenderungan secara grafis terlihat pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa untuk kadar *plasticizer* 0-0,15 mL/mL larutan, peningkatan kadar *plasticizer* yang ditambahkan pada film akan menyebabkan permeabilitas uap air film semakin besar. Hal ini terjadi karena selain film dari pektin sendiri yang memang bersifat hidrofilik, *plasticizer* juga bersifat hidrofilik sehingga transfer uap air dari lingkungan ke permukaan sampel film menjadi lebih cepat.



Gambar 6. Grafik permeabilitas uap air *edible film* dari pektin untuk berbagai jenis dan kadar *plasticizer* pada suhu 50°C

Edible film dengan *plasticizer* sorbitol memiliki nilai permeabilitas uap air yang lebih besar dari pada dengan *plasticizer* gliserol. Hal ini disebabkan karena sorbitol yang memiliki ukuran molekul yang lebih besar dibandingkan gliserol akan memperbesar volume bebas antar rantai polimer sehingga mempermudah transfer molekul air (Donhowe dan Fennema, 1993; McHugh dan Krochta, 1994). Gliserol dengan ukuran molekul yang lebih kecil akan masuk kedalam jaringan amorphous film lebih banyak sehingga ruang dan kesempatan air teradsorpsi dan memperlambat transfer air dalam film. Dari penjelasan ini maka *plasticizer* gliserol dapat menahan laju uap air lebih efisien dibandingkan sorbitol.

KESIMPULAN

Edible film dapat dibuat dari pektin kulit jeruk bali. Pengamatan terhadap sifat mekanik dan permeabilitas uap air dapat digunakan sebagai indikasi kualitas *edible film* yang dihasilkan.

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan data penelitian pada kisaran variabel yang diteliti adalah penambahan *plasticizer* dengan kadar yang lebih tinggi akan menurunkan nilai kuat tarik film, menaikkan persentase *elongation of break*, dan menaikkan nilai permeabilitas uap air. Sorbitol memberikan nilai kuat tarik *edible film* yang lebih besar dibandingkan gliserol, akan tetapi memberikan nilai *elongation of break* yang lebih kecil dibandingkan gliserol. Selain itu *edible film* dengan *plasticizer* gliserol memiliki permeabilitas uap air yang lebih kecil dibandingkan dengan jika menggunakan *plasticizer* sorbitol.

Berdasarkan parameter sifat mekanik dan permeabilitas uap air, gliserol merupakan *plasticizer* yang lebih efisien dibandingkan sorbitol.

DAFTAR NOTASI

Lambang	Definisi	Unit
δ_m	Tebal lapisan <i>film</i> rerata	M
P_s	Tekanan udara jenuh	Pa

ΔP	Perbedaan tekanan parsial uap air diantara kedua sisi film	Pa
RH_1	<i>Relative Humidity</i> dalam eksikator (larutan jenuh NaCl)	%
RH_2	<i>Relative Humidity</i> dalam sel permeasi (ruang tertutup dengan <i>silica gel</i>)	%
WVP	<i>Water Vapor Permeability</i>	$g.m/(s.m^2.Pa)$
$WVTR$	<i>Water Vapor Transmission Rate</i>	$g/(s.m^2)$
T_s	Kuat tarik (<i>tensile strength</i>)	N/m^2
F	Gaya regang	N
z	Lebar sampel <i>film</i>	M
δ	Tebal sampel <i>film</i>	M
L_0	Panjang sampel awal	M
L_1	Panjang sampel akhir	M

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (Anggaran Dana Masyarakat Tahun 2010). Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Teknik Pangan dan Bioproses, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada atas semua fasilitas yang telah diberikan selama penelitian ini berlangsung, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bourtoom, T., (2006), *Effect of Some Process Parameters on the Properties of Edible Film Prepared from Starches*, Department of Material Product Technology, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla.

Bozdemir, O.A. and Tutas, M., (2003), Plasticizer Effect on Water Vapour Permeability Properties of Locust Bean Gum-Based Edible Film, *Turk J. Chem.*, 2, pp. 4-8.

Cervera, M.F., Heinamaki, J., Krogars, K., and Jorgensen, A.C., (2005), Solid-State and Mechanical Properties of Aqueous Chitosan-Amylose Starch Films Plasticized With Polyols, *AAPS PharmSciTech*, 5, pp.15-20.

Donhowe, L.G. and Fennema, O., (1993), The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. *J. Food Process. Pres.*, 17, pp. 247-257.

Fatimah, S., (1987), *Bahan Konstruksi Teknik Kimia*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kertesz, Z.I., (1951), *The Pectin Substance*, InterScience Publisher, Inc. New York.

Krochta, J.M., (1994), *Edible Coating and Films to Improve Food Quality*, CRC Press Boca Raton, New York.

Laila, U., (2008), Pengaruh Plasticizer dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Mekanik Edible Film dari Kitosan, *Laporan Penelitian Laboratorium Teknik Pangan dan Bioproses*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

McHugh, T.R. and Krochta, J.M., (1994), Dispersed phase particle size effects on water vapor permeability of whey protein-beeswax edible emulsion films, *J. Food Process. Pres.*, 18, pp. 173-188.

Silva, M.A., Bierhalz, A.C.K., and Kieckbusch, T.G., (2009), Alginate and Pectin Composite Films Crosslinked with Ca^{2+} ions: Effect of The Plasticizer Concentration, *Carbohydr. Polym.*, 77, pp.736-742.

Suppakul, P., (2006), *Plasticizer and Relative Humidity Effects on Mechanical Properties of Cassava Flour Films*, Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.