

PENGARUH GLISEROL TERHADAP KARAKTERISTIK EDIBLE FILM BERBAHAN DASAR TEPUNG JALI (*Coix lacryma-jobi* L.)

EFFECT OF GLYCEROL ON THE CHARACTERISTICS OF EDIBLE FILM FROM JALI (*Coix lacryma-jobi* L.) FLOUR

R. Baskara Katri Anandito¹⁾, Edhi Nurhartadi¹⁾, Akhmad Bukhori²⁾

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

²⁾ Alumni Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

ABSTRACT

Jali (Coix lacryma-jobi L.) is one of cereals that has high starch content, so it can be used as raw material for edible films. This study aimed to determine the effect of adding glycerol towards the physical and mechanical characteristics of edible film from jali flour and to know the concentration of adding glycerol on edible film from jali flour which showed the physical and mechanical characteristics of the best edible film. The results showed that with the addition of glycerol, the solubility and the thickness of edible film from jali flour increased, but the water vapour permeability (WVP) decreased. With the addition of glycerol, elongation and tensile strength increased, then decreased due to saturated conditions. Edible film with the best physical and mechanical characteristics occurred in the addition of glycerol with a concentration of 20% which was indicated by the water vapor permeability (WVP) for 0.687 g H₂O.mm/jam.m² and elongation film for 41.022%.

Keywords : edible film, glycerol, jali flour, mechanical characteristics, physical characteristics

ABSTRAK

Jali (*Coix lacryma-jobi* L.), merupakan sejenis tumbuhan biji-bijian (serealia) tropika dari suku padi-padian (*Poaceae*). Kandungan pati jali cukup tinggi, sehingga memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan *edible film*. *Edible film* tepung jali ini menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik fisik dan mekanik *edible film* tepung jali serta mengetahui konsentrasi penambahan gliserol pada *edible film* tepung jali yang menunjukkan karakteristik fisik dan mekanik *edible film* terbaik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol meningkatkan kelarutan dan ketebalan *edible film*, tetapi menurunkan permeabilitas terhadap uap air (WVP). Penambahan gliserol pada awalnya meningkatkan pemanjangan dan kuat regang putus dari *edible film*. Ketika kondisi jenuh, pemanjangan dan kuat regang putus kemudian turun. *Edible film* dengan karakteristik fisik dan mekanik terbaik terdapat pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 20% yang ditunjukkan dengan permeabilitas uap air (WVP) sebesar 0,687 gr.mm/jam.m² dan pemanjangan (*elongation*) *film* 41,022%.

Kata kunci : edible film, gliserol, karakteristik fisik, karakteristik mekanik, tepung jali

PENDAHULUAN

Jali (*Coix lacryma-jobi* L.), merupakan sejenis tumbuhan biji-bijian (serealia) tropika dari suku padi-padian (*Poaceae*). Kandungan biji jali tidak jauh berbeda dengan beras, yaitu mengandung protein, karbohidrat, vitamin dan mineral. Tetapi terdapat senyawa khas pada tumbuhan ini yang berperan sebagai antioksidan yaitu coixol, coixenolide dan coicin (Ednin, 2011). Senyawa lain yang ditemukan dalam jali juga berperan sebagai antioksidan yaitu asam ferulat, asam kafeat dan asam klorogenat yang termasuk dalam senyawa fenol (Huang, dkk, 2009 dan Pei Chung, dkk, 2010). Jali memiliki kandungan pati yang cukup tinggi, sehingga memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan *edible film*.

Dalam 20 tahun terakhir ini, bahan kemasan banyak menggunakan dari polimer yaitu plastik. Seiring dengan kesadaran manusia akan masalah ini, maka dikembangkanlah jenis kemasan dari bahan organik, dan berasal dari bahan-bahan terbarukan (*renewable*) dan ekonomis. Keuntungan dari *edible film* adalah dapat melindungi produk pangan, penampakan asli produk dapat dipertahankan dan dapat langsung dimakan serta aman bagi lingkungan (Kinzel, 1992).

Secara umum *edible film* didefinisikan sebagai lapisan tipis yang terbuat dari bahan-bahan yang layak dimakan, yang dapat diaplikasikan sebagai pelapis lindung makanan ataupun diletakkan di atas atau di antara komponen komponen bahan pangan (Krochta, dkk, 1994). Komponen utama penyusun *edible film*

dikelompokkan menjadi tiga, yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Hidrokoloid termasuk ke dalam protein dan polisakarida. *Film* yang terbuat dari hidrokoloid sangat baik sebagai penghambat perpindahan oksigen, karbondioksida, dan lemak, serta memiliki karakteristik mekanik yang sangat baik, sehingga sangat baik digunakan untuk memperbaiki struktur film agar tidak mudah hancur (Julianti dan Mimi, 2006).

Polisakarida seperti pati dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Pati sering digunakan dalam industri pangan sebagai *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena ekonomis, dapat diperbaharui, dan memberikan karakteristik fisik yang baik. Pembuatan *edible film* berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Dengan adanya penambahan sejumlah air dan dipanaskan pada suhu yang tinggi, maka akan terjadi gelatinisasi. Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk *film* yang stabil (Karnawidjaja, 2009).

Liu, dkk (2005) dalam Arriany (2009), menggunakan gliserol sebagai *plasticizer* (kandungan antara 20-70 %) untuk *edible film* berbasis campuran pati (*starch*), gelatin dan natrium alginat. *Plasticizer* adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud memperlemah kekakuan dari polimer (Ward dan Hadley, 1993) sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas (Ferry, 1980). Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol, sorbitol dan lain-lain. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik fisik dan mekanik *edible film* tepung jali, serta mengetahui konsentrasi penambahan gliserol pada *edible film* tepung jali yang menunjukkan karakteristik fisik dan mekanik *edible film* terbaik.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Tepung jali

Bahan utama pembuatan tepung jali adalah biji jali (*Coix lacryma-jobi* L.) yang diperoleh dari pasar tradisional di Temanggung, Jawa Tengah. Proses penepungan dilakukan secara kering. Biji jali dihancurkan dengan menggunakan alat penepung beras. Selanjutnya, hancuran biji jali diayak menggunakan ayakan ukuran 120 mesh sehingga diperoleh tepung jali.

Pembuatan *Edible Film* Tepung Jali

Pembuatan *edible film* dari tepung jali mengacu pada metode yang dikembangkan Arriany (2009) dan Ratri (2010) yang dimodifikasi bahan dasarnya untuk pembuatan *edible film*nya. Tepung jali, 10 gram, dilarutkan dalam aquades 100 ml dan dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai suhu gelatinisasi (54°C). Kemudian larutan gliserol ditambahkan dengan konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% (v/b tepung jali) dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya, larutan tersebut dicetak dan dikeringkan pada suhu 60°C dengan oven selama 12 jam. *Edible film* yang dihasilkan kemudian dianalisis sifat fisik dan mekaniknya.

Karakterisasi *Edible Film*

Karakterisasi *edible film* meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik. Pengujian sifat fisik *edible film* terdiri dari analisa kelarutan film (Gontard, dkk, 1993), ketebalan film (Mc Hugh, dkk, 1994), dan permeabilitas terhadap uap air (WVP) (Gontard, dkk, 1993). Sedangkan pengujian sifat mekanik *edible film* terdiri dari analisis pemanjangan film (Gontard, dkk, 1993) dan kuat regang putus film (Gontard, dkk, 1993), menggunakan *Lloyd's Universal Testing Instrument* 50 Hz model 1000 s.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penambahan gliserol memiliki pengaruh yang sangat nyata dalam pembuatan *edible film*, hal ini dibuktikan dengan penambahan gliserol 0% dan 10% v/b

Tabel 1. Karakteristik *Edible Film* dari Tepung Jali

<i>Edible Film</i> ^{*)}	Kelarutan (%)	Ketebalan (mm)	WVP (gH ₂ O.mm/jam.m ²)	Elongation (%)	Tensile Strength (N)
EF1	41,87 ^a	0,204 ^a	0,687 ^a	41,022 ^b	0,438 ^b
EF2	42,71 ^a	0,214 ^b	0,828 ^b	23,539 ^a	0,943 ^c
EF3	46,96 ^b	0,235 ^c	0,943 ^c	14,883 ^a	0,437 ^b
EF4	48,15 ^c	0,256 ^d	1,270 ^d	13,458 ^a	0,104 ^a

Keterangan :

^{*)} EF1 adalah *edible film* dari tepung jali yang ditambah gliserol 20 %; EF2 (penambahan gliserol 30 %); EF3 (penambahan gliserol 40 %); dan EF4 (penambahan gliserol 50 %)

Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$

tepung jali tidak dapat membentuk lapisan *edible film* yang utuh. Dan hanya konsentrasi 20%, 30%, 40% dan 50% yang dapat terbentuk lapisan *edible film* yang utuh. Hal ini dikarenakan gliserol berperan sebagai *plasticizer* yang dapat memperlemah kekakuan dari polimer (Ward dan Hadley, 1993) sekaligus meningkatkan fleksibilitas ekstensibilitas (Ferry, 1980). Sehingga pengujian karakteristik fisik dan mekanik *edible film* yang dilakukan hanya pada konsentrasi 20%, 30%, 40% dan 50%.

Kelarutan *Film*

Hasil analisa kelarutan *edible film* ditunjukkan pada **Tabel 1**. Data tersebut menunjukkan bahwa kelarutan *edible film* tepung jali untuk penambahan gliserol dengan konsentrasi 20% dan 30 % tidak berbeda nyata, tetapi keduanya berbeda nyata dengan konsentrasi 40% dan 50%. Kelarutan tertinggi terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 50%. Penambahan gliserol secara nyata mampu meningkatkan kelarutan *film*. Hal ini dikarenakan gliserol bersifat hidrofilik, sehingga mudah larut dalam air sekaligus dapat meningkatkan persentase kelarutan dari *edible film* tersebut.

Siswanti (2008) menunjukkan hal yang serupa yaitu *edible film* komposit glukomanan-maizena dengan konsentrasi glukomanan 15% yang memiliki kelarutan yang lebih tinggi daripada konsentrasi glukomanan 0%. Peningkatan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik, yaitu glukomanan dalam *edible film* diduga menyebabkan peningkatan persentase kelarutan *film*. Manuhara (2003) juga menunjukkan hal yang serupa, yaitu *edible film* dari karaginan 0,15% secara signifikan

memiliki kelarutan yang lebih besar dari pada *edible film* yang menggunakan karaginan 0,05%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan komponen yang bersifat hidrofilik pada *edible film* akan menyebabkan peningkatan persentase kelarutan *film*.

Ketebalan *Film*

Ketebalan merupakan sifat fisik yang akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil serta sifat-sifat lainnya seperti *tensile strength* dan *elongation* (Mc Hugh, dkk, 1993). Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan film akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti *tensile strength* dan *elongation*. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati, 2007). Hasil analisis ketebalan *edible film* tepung jali ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Dari **Tabel 1** dapat diketahui bahwa ketebalan tertinggi terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 50%. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air dan dapat meningkatkan viskositas larutan (Bertuzzi, dkk, 2007). Sehingga semakin banyak konsentrasi gliserol yang ditambahkan akan meningkatkan viskositas larutan yang diduga dapat meningkatkan ketebalan *edible film* tepung jali.

Semakin meningkat konsentrasi bahan yang digunakan akan menyebabkan peningkatan ketebalan *film* (Mc Hugh, 1993). Barus (2002) menyatakan bahwa peningkatan ketebalan terjadi disebabkan oleh perbedaan konsentrasi bahan pembuat *film*, sedangkan volume larutan yang dituangkan masing-masing plat sama. Hal ini mengakibatkan total padatan di dalam *film* setelah dilakukan pengeringan meningkat dan polimer-polimer yang menyusun matriks *film* juga semakin banyak.

Menurut Siswanti (2008) *edible film* dari komposit maizena glukomanan mempunyai ketebalan 0,1613-0,1828 mm. Peningkatan konsentrasi glukomanan menyebabkan kenaikan jumlah total padatan terlarut dalam *film*. Hal tersebut menyebabkan ketebalan *edible film* semakin meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi glukomanan yang ditambahkan. Murdianto (2005) dalam Rachmawati (2009), menyebutkan bahwa perbedaan ketebalan antara berbagai jenis *film* tersebut disebabkan komposisi formula *film* yang berbeda.

Permeabilitas Terhadap Uap Air (*Water Vapour Permeability*)

Permeabilitas uap air merupakan jumlah uap air yang hilang per satuan waktu dibagi dengan luas area *film*. Oleh karena itu salah satu fungsi *edible film* adalah untuk menahan migrasi uap air maka permeabilitasnya terhadap uap air harus serendah mungkin (Gontard, dkk, 1993). Krochta, dkk, (1994) menyebutkan, pada umumnya kehilangan air pada produk buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan penyebab utama kerusakan selama penyimpanan. Kehilangan air tersebut dapat menyebabkan buah-buahan dan sayuran mengalami susut berat dan tampak layu atau berkerut sehingga kurang diminati oleh konsumen. Hasil analisis permeabilitas uap air (WVP) *edible film* tepung jali ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Hasil analisa menunjukkan bahwa permeabilitas uap air (WVP) terendah terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 20% yaitu sebesar 0,687 gH₂O.mm/jam.m² dan terbesar terjadi pada konsentrasi 50%

yaitu sebesar 1,270 gH₂O.mm/jam.m². Hal ini dikarenakan gliserol bersifat hidrofilik, sehingga peningkatan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik yaitu gliserol menyebabkan peningkatan permeabilitas uap air (WVP).

Garcia, dkk. (2000) dalam Barus (2002) menyatakan bahwa, migrasi uap air umumnya terjadi pada bagian *film* yang hidrofilik. Dengan demikian ratio antara bagian yang hidrofilik dan hidrofobik komponen *film* akan mempengaruhi nilai laju transmisi uap air *film* tersebut. Semakin besar hidrofobisitas *film*, maka nilai laju transmisi uap air *film* tersebut akan semakin turun. Sehingga dapat disimpulkan juga, semakin besar hidrofilisitas *film*, maka nilai laju transmisi uap air *film* tersebut akan semakin naik.

Semakin kecil migrasi uap air yang terjadi pada produk yang dikemas oleh *edible film*, maka semakin semakin bagus sifat *edible film* dalam menjaga umur simpan produk yang dikemasnya. Peningkatan konsentrasi gliserol cenderung meningkatkan laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. Sehingga bila dilihat dari analisis ini, *edible film* terbaik terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi terkecil yaitu sebesar 0,687 gH₂O.mm/jam.m² pada konsentrasi 20%.

Pemanjangan *Film* (*Elongation*)

Pemanjangan didefinisikan sebagai persentase perubahan panjang *film* pada saat *film* ditarik sampai putus (Krochta dan Johnston, 1997). Hasil analisis pemanjangan *film* (*elongation*) *edible film* tepung jali ditunjukkan pada **Tabel 1**. Data pemanjangan *film* (*elongation*) *edible film* tepung jali tidak berbeda nyata untuk konsentrasi 30%, 40% dan 50% dan ketiganya berbeda nyata dengan konsentrasi 20%. Pemanjangan *film* (*elongation*) *edible film* tepung jali tertinggi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 20%. Semakin meningkatnya konsentrasi gliserol pada konsentrasi 30%-50% cenderung menurunkan persentase pemanjangan *film*.

Pada umumnya, *film* yang terbuat dari pati mudah sekali rusak. Peningkatan konsentrasi bahan, akan menyebabkan peningkatan pula matrik yang terbentuk,

sehingga film akan menjadi kuat. Namun, peningkatan konsentrasi bahan juga menyebabkan penurunan rasio gliserol sebagai *plasticizer* terhadap pati, sehingga mengakibatkan penurunan *elongation film* apabila terkena gaya, yang kemudian menyebabkan film mudah patah (Barus, 2002).

Peningkatan konsentrasi gliserol dalam pembuatan *edible film* tepung jali justru menunjukkan hal yang sebaliknya. Peningkatan konsentrasi 30%-50% cenderung menurunkan *elongation film*, hal ini disebabkan karena titik jenuh telah terlewati sehingga molekul-molekul *plasticizer* yang berlebih berada dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekul antar rantai polimer pada pati (Hasibuan, 2009). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserol yang menunjukkan sifat mekanis pemanjangan (*elongation*) *film* terbaik yaitu dengan konsentrasi 20% sebesar 41,022%.

Kekuatan Regang Putus (*Tensile Strength*)

Kekuatan regang putus merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *film* dapat tetap bertahan sebelum *film* putus atau robek. Pengukuran kekuatan regang putus berguna untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang (Krochta dan Johnston, 1997). Hasil analisis kekuatan regang putus (*tensile strength*) *edible film* tepung jali ditunjukkan pada **Tabel 1**. Data kekuatan regang putus (*tensile strength*) *edible film* tepung jali yang tertinggi terjadi pada penambahan gliserol dengan konsentrasi 30% dan berbeda nyata dengan penambahan konsentrasi 20%, 40% dan 50%. Peningkatan konsentrasi gliserol 40% dan 50% cenderung menurunkan kekuatan regang putus (*tensile strength*) *film*.

Arriany (2009) juga menunjukkan hal yang serupa yaitu bila kadar *plasticizer* ditingkatkan dari 4 gram sampai dengan 7 gram akan menyebabkan kekuatan tarik menurun, hal ini disebabkan karena titik jenuh telah terlampaui sehingga molekul-molekul *plasticizer* yang berlebih berada

dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekul antar rantai, menyebabkan gerakan rantai lebih bebas sehingga fleksibilitas mengalami peningkatan (semakin elastis). Manuhara (2003) menyatakan bahwa sifat mekanik film tergantung pada kekuatan bahan yang digunakan dalam pembuatan film, untuk membentuk ikatan molekuler dalam jumlah yang banyak dan atau kuat. Menurut Wu dan Bates (1973) dalam Suryaningrum dkk. (2005) *edible film* dengan kekuatan tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik, sedangkan kekuatan tarik film dipengaruhi oleh formulasi bahan yang digunakan.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserol yang menunjukkan sifat mekanis kekuatan regang putus (*tensile strength*) *film* terbaik yaitu dengan konsentrasi 30% sebesar 0,943N.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis karakteristik fisik dan mekanik *edible film* tepung jali dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserol pada *edible film* tepung jali berbanding lurus dengan kelarutan dan ketebalan *edible film*, serta berbanding terbalik dengan permeabilitas *edible film* terhadap uap air. Semakin tinggi konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada awalnya akan meningkatkan *elongasi* dan *tensile strength* tetapi pada kondisi tertentu, yaitu saat mencapai titik jenuh, kedua parameter tersebut justru mengalami penurunan.

Penambahan gliserol yang menunjukkan karakteristik fisik dan mekanik *film* terbaik yaitu konsentrasi 20%. Pemilihan ini didasarkan dengan alasan pada konsentrasi 20% memiliki permeabilitas uap air (WVP) dan pemanjangan *film* (*elongation*) terbaik, walaupun pada kekuatan regang putus (*tensile strength*) terjadi pada konsentrasi 30%. Sedangkan pada analisis kelarutan dan ketebalan tidak dapat dijadikan parameter untuk menentukan karakteristik fisik dan mekanik terbaik, karena dalam penggunaannya keduanya harus disesuaikan dengan produk yang akan dikemas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arriany, F.P. 2009. *Peranan Gliserol sebagai Plastisiser dalam Film Pati Jagung dengan Pengisi Serbuk Halus Tongkol Jagung*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Barus, S.P. 2002. *Karakteristik Film Pati Biji Nangka (*Artocarpus integra* Meur) dengan Penambahan CMC*. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Bertuzzi, M.A., E.F.C. Vidaurre, M. Armada dan J.C Gottifredi. 2007. *Water Vapor Permeability of Edible Starch Based Films*. J. Food Engineering. 80 : 972-978.
- Ednin, R.V. 2011. *Kajian Kandungan Gizi Jali (*Coix lacryma-jobi* L.)*. <http://www.scribd.com/doc/55458979/8/Kajian-Kandungan-Gizi>. (Diakses pada tanggal 23 Mei 2011 pukul 22.00).
- Ferry, J.D. 1980. *Concentrated Solution, Plasticized Polymers and Gels*. In *Viscoelastic Properties of Polymers*, 3rd Wiley. New York.
- Gontard, N., Guilbert., S., dan Cuq, J.L. 1993. *Water and Glycerol as Plasticizer Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film*. J. Food Science. 58(1): 206 - 211.
- Hasibuan, Machrani. 2009. *Pembuatan Film Layak Makan dari Pati Sagu menggunakan Bahan Pengisi Serbuk Batang Sagu dan Gliserol sebagai Plastisiser*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Huang, D.W., Kuo Y.H., Lin F.Y., dan Chiang W. 2009. *Effect of Adlay (*Coix lachryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf) Testa and its phenolic components on Cu²⁺-treated low-density lipoprotein (LDL) oxidation and lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammation in RAW 264.7 macrophages*. J. Agric. Food. Chem. 57(6): 2259-2266.
- Julianti, E dan Mimi N. 2006. *Buku Ajar Teknologi Pengemasan*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Karnawidjaja, M.W. 2009. *Pemanfaatan Pati Singkong sebagai Bahan Baku Edible Film*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Kinzel, B. 1992. *Protein Rich Edible Coating for Foods*. Agriculture Research. May 1992: 20-21.
- Krochta, J.M., Baldwin, E.A., dan Nisperos-Carriedo M.O. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomis Publishing.Co.Inc. Lancaster. Bosel.
- Krochta dan De Mulder Johnston. 1997. *Edible and Biodegradable Polymers Film: Changes and Opportunities*. Food Technology 51.
- Kusumasmarawati, A.D. 2007. *Pembuatan Pati Garut Butirat dan Aplikasinya dalam Pembuatan Edible Film*. Tesis. Program Pascasarjana. UGM. Yogyakarta.
- Manuhara, G.J. 2003. *Ekstraksi Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma* sp. untuk Pembuatan Edible film*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Yogyakarta.
- McHugh, T.H. 1993. *Hydrophilic Edible films : Modified Procedure for Water Vapor Permeability and Explanation of Thickness Effects*. Journal of Food Science. Vol. 58, No.4.
- Pei Chung, C., Hsin-Yi Hsu, Din-Wen H., Hsing-Hua H., Ju-Tsui L., Chun-Kuang S., dan Wenchang C. 2010. *Ethyl Acetate Fraction of Adlay Bran Ethanolic Extract Inhibits Oncogene Expression and Suppresses DMH-Induced Preneoplastic Lesions of the Colon in F344 Rats through an Anti-inflammatory Pathway*. J. Agric. Food. Chem. 58(13): 7616-7623.
- Rachmawati, A.K. 2009. *Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Cincau Hijau (*Premna oblongifolia*. Merr) untuk*

- Pembuatan Edible Film*. Skripsi. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Ratri, H.E. 2010. *Aplikasi Edible Film Maizena dengan Penambahan Ekstrak Jahe sebagai Antioksidan Alami pada Coating Sosis Sapi*. Skripsi. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Siswanti. 2008. *Karakterisasi Edible Film Komposit dari Glukomanan Umbi Iles-Iles (*Amorphopallus muelleri* Blume) dan Maizena*. Skripsi. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Suryaningrum Dwi TH, Jamal Basmal, dan Nurochmawati, 2005. *Studi Pembuatan Edible Film dari Karaginan*. J. Penelitian Perikanan Indonesia. 11(4): 1-13.
- Ward, I.M. dan D.W. Hadley. 1993. *An Introduction on the Mechanical Properties of Solid Polymers*. Wiley. New York.