

KARAKTERISASI EDIBLE FILM KOMPOSIT PROTEIN BIJI KECIPIR DAN TAPIOKA(Characterization of Composite *Edible Film* of Winged Bean Seeds Protein and Tapioca]**C. Dewi Poeloengasih¹⁾ dan Djagal W. Marseno²⁾**¹⁾ Alumni Program Pascasarjana, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan-UGM, Yogyakarta²⁾ Staf Pengajar FATETA-UGM, Jl. Sosio Yustisia Bulaksumur Yogyakarta 55281

Diterima 28 Januari 2003 / Disetujui 17 Desember 2003

ABSTRACT

The advantageous winged bean seeds and tapioca as edible film ingredients are due to its relative abundance, inexpensive, biodegradable and their renewable nature. Research objectives were to isolate protein of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L. (DC.)) seeds and to characterize physical, mechanical and barrier properties of edible film made from protein fraction of winged bean seeds, tapioca and palmitic acid. The first group of edible film was prepared using 1% (w/v) of tapioca, 1 – 2,5% (w/v) of protein fraction of winged bean seeds and 1% (w/v) of sorbitol. Second group of edible film was prepared using 1% (w/v) of tapioca, 2,5% of protein fraction of winged bean seeds, 1% (w/v) of sorbitol and 0-8% (w/w polymer) of palmitic acid. Proximate analysis of protein fraction of winged bean seeds showed that protein, lipid, ash and water content were 57,88%, 29,39%, 1,66% and 7,10%, respectively. Increasing the concentration of protein fraction of winged bean seeds decreased water vapor transmission rate and elongation, and increased thickness and tensile strength. Increasing the concentration of palmitic acid decreased water vapor transmission rate and tensile strength, and increased elongation. Utilization of 1% (w/v) of tapioca, 2,5% (w/v) of protein fraction of winged bean seeds, 1% (w/v) of sorbitol and 8% (w/w polymer) of palmitic acid to wrap the fresh-cut apple has significant effect on reducing of weight loss and browning during storage.

Key words : Winged bean seeds, protein, tapioca, composite edible film.

PENDAHULUAN

Menurut Rowatt (1993), sebanyak 30% dari total limbah padat pemukiman adalah bahan pengemas dan 13% dari jumlah ini adalah bahan kemasan dari plastik. Dengan kata lain limbah plastik mencapai 4% dari total limbah padat pemukiman. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka diasumsikan bahwa beban cemaran lingkungan juga akan semakin meningkat. Dengan demikian penelitian dan pengembangan dalam bidang ilmu bahan (*material science*) untuk memperoleh suatu jenis bahan pengemas yang bersifat *biodegradable* atau bahkan yang bersifat *edible* menjadi penting dimasa mendatang. Amerika, Jepang dan negara maju lainnya telah menjawab tantangan ini dengan mengembangkan *biodegradable* plastik dan *edible film/coating* menggunakan biopolimer dari hasil pertanian (Fishman et al., 1996; Fishman, 1997; Krochta dan Johnston, 1997).

Krochta dan Johnston (1997) menyatakan bahwa penggunaan *biodegradable/edible film* bertujuan untuk menghambat migrasi uap air, gas, aroma dan lemak. Selain itu *edible film* juga berfungsi sebagai pembawa komponen bahan makanan seperti antimikrobia, antioksidan, flavor, pewarna dan suplemen gizi (Gennadios dan Weller, 1990). Menurut Kester dan Fennema (1986), kapasitas *biodegradable/edible film* hanya bertindak sebagai bahan

pembantu untuk mempertahankan kualitas makanan secara keseluruhan dan memperpanjang umur simpan.

Biodegradable/edible film dapat dibuat dari hidrokoloid, seperti polisakarida, protein serta lemak, baik sebagai komponen tunggal maupun sebagai campuran. Penggunaan protein sebagai bahan *biodegradable/edible film* telah banyak diteliti, seperti gluten gandum (Gennadios et al., 1993), putih telur (Gennadios et al., 1996), zein jagung (Parris dan Coffin, 1997), protein susu (Maynes dan Krochta, 1994) dan protein whey (Perez-Gago dan Krochta, 1999), serta protein biji-bijian seperti kedelai (Bradenburg et al., 1993), kacang tanah (Jangchud dan Chinnan, 1999) dan kacang kapri (Choi dan Han, 2001).

Salah satu sumber protein nabati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar *biodegradable/edible film* adalah biji kecipir. Biji kecipir mengandung protein sebesar 32-41% (biji utuh) atau 35-51% (biji kupas) serta lemak sebesar 15-18% (Okezie dan Bello, 1988). Selain mudah dibudidayakan dan pemanfaatan yang masih terbatas, Okezie dan Martin (1980) menyatakan bahwa kandungan protein biji kecipir setara dengan kedelai, bahkan jumlah asam amino sulfur biji kecipir lebih tinggi dari kedelai. Asam amino sulfur ini akan berperan pada pembentukan film dengan membentuk ikatan disulfida. Ikatan tersebut akan memberikan kontribusi besar terhadap sifat film yang dihasilkan (Were et al., 1999).

Pada umumnya film yang dibuat dari hidrokoloid (karbohidrat dan protein) memiliki sifat mekanis yang baik, namun tidak efisien sebagai penahan uap air karena bersifat hidrofil. Untuk mengatasi hal tersebut pada pembuatan *biodegradable/edible film* sering ditambahkan bahan yang bersifat hidrofob untuk memperbaiki kemampuan film menghambat migrasi uap air (Callegarrin et al., 1997).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa biji kecipir utuh (*whole*) yang dibuat tepung dapat dipergunakan untuk membuat *biodegradable film* (Poeloengasih dan Marseno, 2002). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik, mekanik dan sifat penghambatan *biodegradable/edible film* komposit dari fraksi protein biji kecipir, tapioka dan asam palmitat, serta kemungkinan pemanfaatannya untuk mempertahankan kualitas buah apel terolah minimal selama penyimpanan.

METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), tapioka, sorbitol, asam palmitat, NaOH 1 N dan HCl 1 N. Alat yang digunakan adalah blender, oven (MMM Medcenter), ayakan standar Tyler 60 dan 100 mesh, *microwave oven* (Fuji Elex, ER-5065), *stirrer* (Pasolina, TR-100), plat plastik, mikrometer (Mitutoyo, seri 193), *Lloyd's Universal Testing Instrument* dan kromameter (Minolta, CR-200).

Isolasi protein biji kecipir

Proses ini dimulai dengan pencucian dan sortasi untuk memisahkan biji kecipir dari kotoran dan biji rusak. Biji kecipir direndam selama 12 jam, kemudian dikupas kulitnya. Biji kecipir kupas yang diperoleh dihancurkan/diblender, kemudian ditambahkan aquades (1:10 b/v). Ekstraksi protein dilakukan dengan mengatur pH larutan menggunakan NaOH 1 N (pH 10) dan diaduk selama 30 menit. Larutan yang diperoleh disaring dan ampas yang diperoleh diekstrak kembali. Filtrat yang diperoleh dari dua kali proses ekstraksi dikumpulkan dan diendapkan selama 24 jam. Filtrat bebas endapan/supernatan yang diperoleh dipisahkan dengan cara dekantasi. Supernatan diatur pH-nya (pH 4,0) dengan menambahkan HCl 1 N dan didiamkan selama 3 jam, sehingga diperoleh endapan yang merupakan protein. Endapan tersebut dipisahkan, dicuci dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 18 jam. Fraksi protein biji kecipir (FPBK) yang diperoleh dihancurkan dan diayak dengan ayakan 100 mesh.

Pembuatan *edible film*

Pengaruh konsentrasi protein biji kecipir

Pembuatan film dimulai dengan mensuspensikan tapioka 1% (b/v total) dalam aquades. Campuran diaduk dan dipanaskan dengan menggunakan *microwave oven* selama 30 detik, kemudian diaduk selama 30 detik. Pemanasan dan pengadukan dilakukan sebanyak tiga kali. Setelah pemanasan ketiga ditambahkan sorbitol 1% (b/v total) dan fraksi protein biji kecipir (FPBK) dengan variasi konsentrasi 1, 1,5, 2 dan 2,5 % (b/v total). Kemudian ditambahkan aquades dan dilakukan pengaturan pH dengan menggunakan NaOH 1 N untuk memperoleh pH 10. Larutan dipanaskan kembali dan diaduk selama 60 detik. Pencetakan dilakukan dengan menuang 100 ml adonan film ke dalam plat plastik yang berukuran 24x16x2 cm. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 18 jam. Film yang dihasilkan dilepas dari plat dan disimpan dalam kotak plastik yang berisi silika gel.

Pengaruh konsentrasi asam palmitat

Pembuatan film dengan variasi konsentrasi asam palmitat ini menggunakan komposisi konsentrasi fraksi protein biji kecipir yang menghasilkan film dengan laju transmisi uap air (WVTR) terkecil. Konsentrasi asam palmitat yang digunakan adalah 0, 2, 4, 6, dan 8% (b/b polimer total). Asam palmitat ditambahkan setelah tahap pengaturan pH.

Persiapan karakterisasi *edible film*

Film dipotong dengan ukuran sesuai dengan parameter yang akan diujikan. Ukuran film untuk uji kuat renggang putus (*tensile strength, TS*) dan pemanjangan (*elongation, E*) adalah 2 x 10 cm, sedangkan untuk laju transmisi uap air (*water vapor transmission rate, WVTR*) film dipotong dengan bentuk lingkaran berdiameter 8 cm. Sebelum dilakukan pengujian, film disimpan selama 24 jam dalam kotak plastik tertutup berisi silika gel.

Pengujian sifat fisik dan mekanik

Ketebalan diukur menggunakan mikrometer (ketelitian 0,001 mm) dengan cara menempatkan film di antara rahang mikrometer. Untuk setiap sampel film yang akan diuji, ketebalan diukur pada lima titik yang berbeda, kemudian dihitung reratanya dan digunakan untuk menghitung kuat renggang putus dan laju transmisi uap air.

Kuat renggang putus dan pemanjangan diuji dengan menggunakan *Lloyd's Universal Testing Instrument*. Kuat renggang putus dinyatakan sebagai gaya maksimum yang diberikan pada film sampai sobek (Newton) dibagi luas penampang film (m²), sedangkan pemanjangan dihitung sebagai $[(\Delta t_{\max} \times \text{test speed}) / \text{panjang film awal}] \times 100\%$.

Pengujian laju transmisi uap air

Pengujian laju transmisi uap air dilakukan dengan *gravimetric dessicant method* (ASTM, 1983) yang dimodifikasi. Film yang akan diuji dipasang pada cawan yang berisi 10 g silika gel. Bagian tepi cawan dan film ditutup dengan wax atau isolasi. Cawan dan film ditimbang, dimasukkan ke dalam toples plastik berisi 100 ml larutan NaCl 40%, kemudian toples ditutup rapat. Setiap jam cawan ditimbang dan pengamatan dilakukan selama 8 – 10 jam. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier, sehingga diperoleh *slope* kenaikan berat cawan. Laju transmisi uap air dinyatakan sebagai *slope* kenaikan berat cawan (g/jam) dibagi dengan luas area film yang diuji (m²).

Aplikasi edible film

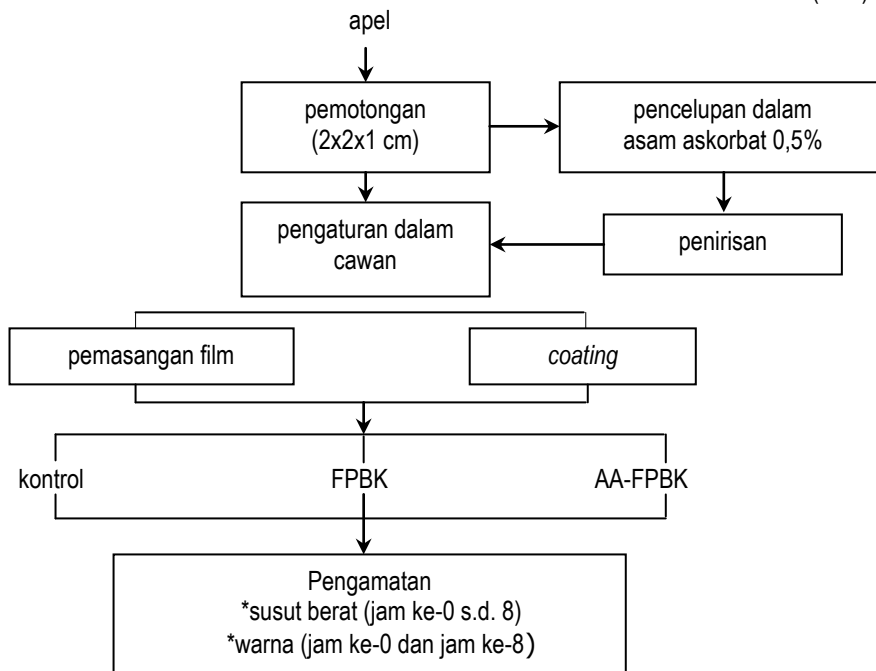
Pada tahap ini dilakukan aplikasi *edible film* dengan cara *wrapping* dan *coating* untuk mengetahui kemampuan film dalam menghambat susut berat dan perubahan warna coklat (*browning*) buah apel terolah minimal selama penyimpanan. Pelaksanaan aplikasi mengacu pada McHugh dan Senesi (2000) yang dimodifikasi. Diagram alir tahap aplikasi dapat dilihat pada Gambar 1. Pengamatan perubahan kecerahan apel potong terolah minimal dilakukan dengan kromameter (Minolta, CR-200).

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap. Data dari masing-masing perlakuan dianalisa secara statistik dengan ANAVA dan apabila ada perbedaan diantara perlakuan dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf α 0,5. Pengamatan untuk setiap parameter (kuat renggang putus, pemanjangan, laju transmisi uap air) dilakukan sebanyak tiga ulangan untuk dua film yang berbeda. Untuk aplikasi *edible film*, pada masing-masing perlakuan dilakukan tiga ulangan pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa komposisi kimia fraksi protein biji kecspir disajikan pada Tabel 1. Data menunjukkan bahwa FPBK mengandung protein yang cukup tinggi, yaitu 57,88% (bk). Menurut Hastuti (1999), tepung biji kecspir rendah lemak mengandung protein 50,57% (bk). Hasil penelitian Sathe et al., (1982) menunjukkan bahwa kadar protein tepung biji kecspir sebesar 39,95% (bk). Okezie dan Bello (1988) menyatakan bahwa kadar protein biji kecspir kupas berkisar antara 32-41% (utuh) dan 35-51% (kupas).



Gambar 1. Diagram alir aplikasi *biodegradable/edible film* pada buah apel terolah minimal.

Kontrol : tanpa perlakuan *wrapping* maupun *coating*

FPBK : *wrapping* maupun *coating* dengan FPBK tanpa perlakuan perendaman dalam asam askorbat

AA-FPBK : *wrapping* maupun *coating* dengan FPBK dengan perlakuan perendaman dalam asam askorbat.

Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa biji kecipir cukup potensial untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable* maupun *edible film*. Kenampakan biji kecipir, tepung biji kecipir (TBK) dan fraksi protein biji kecipir (FPBK) dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Komposisi kimia fraksi protein biji kecipir

	Tepung Biji Kecipir ¹	Tepung Biji Kecipir Rendah Lemak ²	Fraksi Protein Biji Kecipir ³
Air (% bb)	10,18	12,96	7,10
Protein (% bk)	39,95	50,57	57,88
Lemak (% bk)	17,11	2,54	29,39
Abu (% bk)	4,56	-	1,66

¹Sathe et al., (1982), ²Hastuti (1999), ³Angka diperoleh dari tiga ulangan pengamatan

Sifat fisik dan mekanik *edible film*

Pengaruh konsentrasi FPBK

Hasil pengujian sifat fisik, mekanik maupun sifat penghambatan (*barrier properties*) *edible film* terhadap uap air disajikan pada Gambar 3. Data menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi FPBK akan meningkatkan ketebalan film yang dihasilkan (ketebalan film berkisar

antara 0,0577 – 0,1242 mm). Hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi FPBK akan meningkatkan total padatan yang terdapat dalam *edible film* setelah dikeringkan, sehingga film yang dihasilkan semakin tebal. Kenyataan ini sejalan dengan data yang diperoleh Were et al., (1999).

Peningkatan konsentrasi FPBK menyebabkan peningkatan nilai kuat renggang putus *edible film* (Gambar 3b) dan menurunkan pemanjangan *edible film* (Gambar 3c). Hal ini kemungkinan disebabkan karena peningkatan konsentrasi FPBK akan meningkatkan ketersediaan asam amino sulfur dan asam amino hidrofobik dalam sistem, sehingga interaksi protein-protein maupun protein-karbohidrat juga semakin meningkat dan pada akhirnya menghasilkan *edible film* yang kuat (ditunjukkan dengan naiknya nilai kuat renggang putus), tetapi menurunkan elastisitasnya (ditunjukkan dengan menurunnya nilai pemanjangan). Selanjutnya, semakin kokoh *edible film* yang dihasilkan, makin besar gaya tarik yang diperlukan untuk memutus *edible film*. Akan tetapi peningkatan kekokohan *edible film* akan diikuti oleh penurunan kemampuan *edible film* untuk memanjang jika dikenai gaya, sehingga *edible film* menjadi getas dan mudah putus. Hal ini menyebabkan *edible film* memiliki nilai pemanjangan yang rendah.

Gambar 2. Kenampakan Biji Kecipir (a), tepung biji kecipir, TBK (b) dan fraksi protein biji kecipir (FPBK

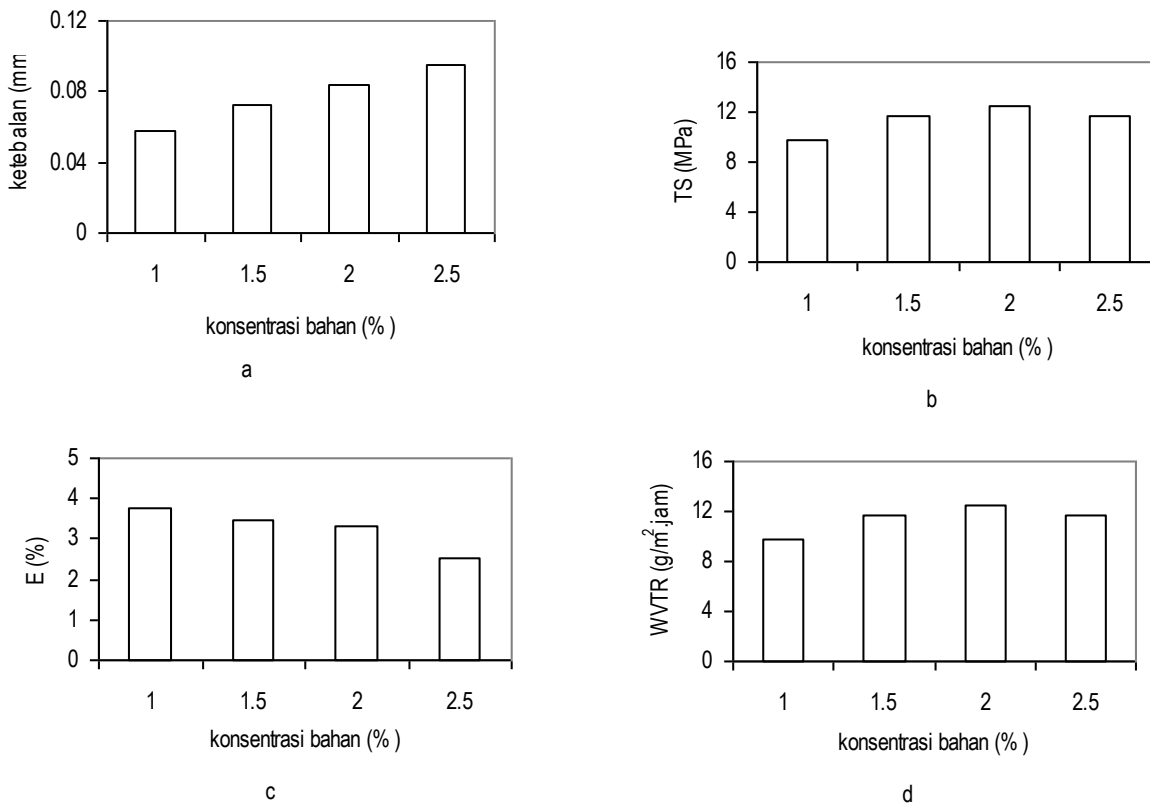
Pada proses pembuatan film, pemanasan dan pengaturan pH akan menyebabkan protein terdenaturasi, sehingga rantai polipeptida akan terbuka dan gugus sulfidril akan terekspos keluar. Hal tersebut menyebabkan terjadi interaksi inter- dan intramolekul protein selama pengeringan atau melalui reaksi pertukaran SS dan SH. Pembentukan ikatan disulfida juga menyebabkan gugus hidrofil pada rantai protein yang menghadap air semakin sedikit dan lebih sulit dicapai air, sehingga akan mengurangi sifat hidrofil film. Selain ikatan disulfida, ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik juga menentukan sifat film. Protein biji kecipir mengandung asam amino hidrofob, yaitu alanin, valin, leusin, triptofan dan fenilalanin yang jumlahnya mirip kedelai. Asam amino ini akan menstabilkan protein melalui interaksi hidrofobik (Gnanasambandam, 1997).

Peningkatan konsentrasi FPBK juga mempengaruhi kemampuan edible film untuk menahan laju transmisi uap air (*water vapor transmission rate*, WVTR). Semakin tinggi ketersediaan asam amino dalam bahan, maka ikatan disulfida dan interaksi hidrofobik yang terbentuk juga makin banyak, sehingga akan meningkatkan jumlah matrik film yang terbentuk. Hal tersebut menyebabkan film memiliki

struktur dan jaringan yang makin kompak, sehingga meningkatkan kemampuan film untuk menahan uap air. Fenomena tersebut dapat dilihat pada Gambar 3d yang menunjukkan kecenderungan penurunan nilai WVTR pada konsentrasi FPBK yang lebih tinggi.

Pengaruh konsentrasi asam palmitat

Pengaruh penambahan asam palmitat terhadap karakteristik film dapat dilihat pada Gambar 4. Data menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam palmitat tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan ketebalan film. Hal ini mungkin disebabkan karena kisaran konsentrasi asam palmitat yang digunakan sangat kecil, sehingga tidak menyebabkan perbedaan ketebalan yang nyata (Gambar 4a). Akan tetapi, peningkatan konsentrasi asam palmitat menyebabkan penurunan kuat renggang putus *edible film* (Gambar 4b). Hal ini disebabkan oleh adanya destabilisasi matriks film yang terjadi karena adanya peningkatan komponen lemak dalam *edible film* (Park et al., 1994). Sebaliknya peningkatan konsentrasi asam palmitat menyebabkan peningkatan pemanjangan film (Gambar 4c).



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi FPBK terhadap sifat fisik, mekanik dan sifat penghamabatan film terhadap uap air. (a) ketebalan; (b) kuat renggang putus (TS); (c) pemanjangan (E) dan (d) laju transmisi uap air (WVTR). Komposisi film adalah tapioka (1% b/v), sorbitol (1% b/v) dan berbagai konsentrasi FPBK (b/v).

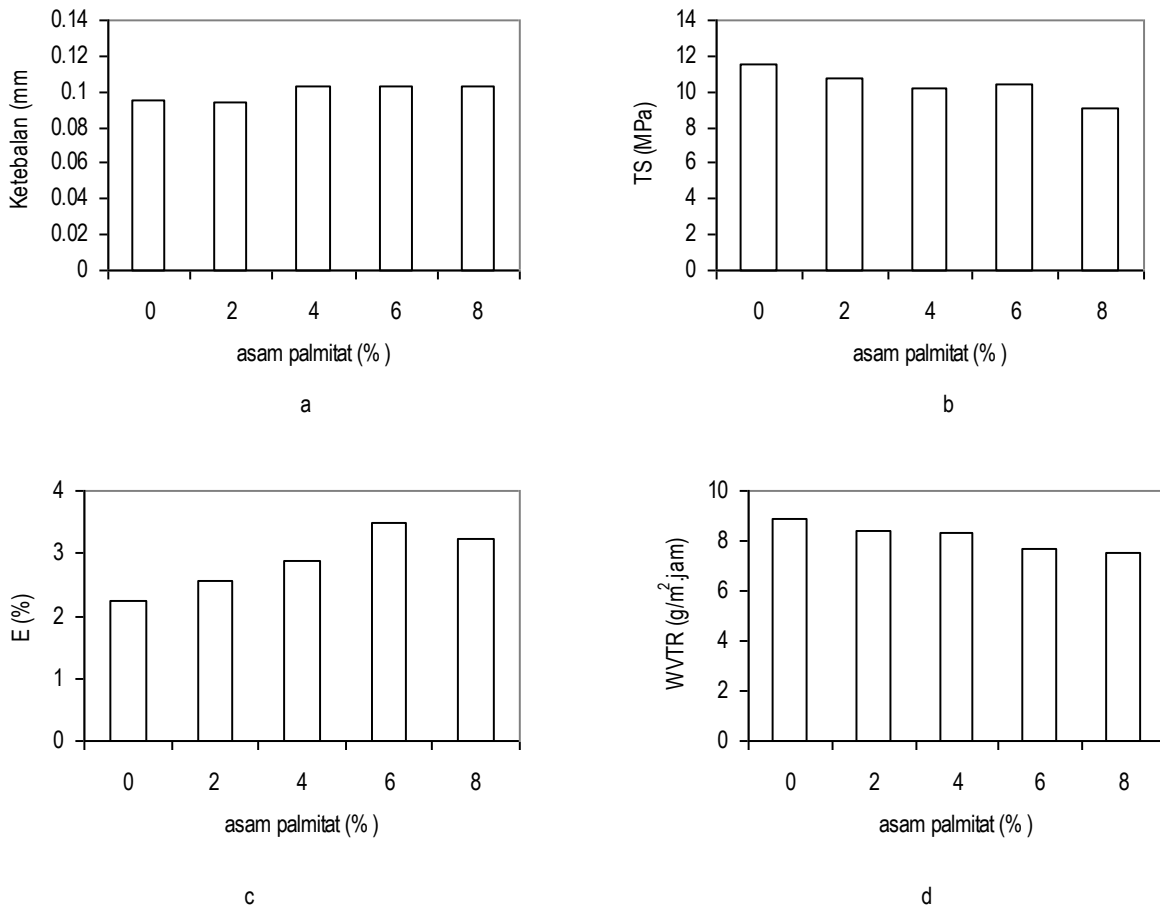
Hal ini terjadi karena penambahan lemak akan *edible film* karena lemak dapat menurunkan kekuatan struktural *edible film*, sehingga akan menurunkan kuat renggang putus dan meningkatkan pemanjangan *film* (Shellhammer dan Krochta, 1997). Fenomena tersebut juga didukung oleh pernyataan Lai et al., (1997), bahwa asam lemak dapat berfungsi sebagai *plasticizer* yang dapat merubah sifat mekanik film.

Pada Gambar 4d terlihat bahwa peningkatan konsentrasi asam palmitat cenderung menurunkan nilai laju transmisi uap air (WVTR) *edible film*. Penurunan laju transmisi uap air tersebut disebabkan karena peningkatan hidrofobisitas *edible film*. Garcia et al., (2000) menyatakan bahwa migrasi uap air umumnya terjadi di bagian hidrofil film. Dengan demikian rasio antara bagian hidrofil dan hidrofob akan mempengaruhi nilai laju transmisi uap air film. Makin rendah rasio hidrofil/hidrofob film, makin rendah laju transmisi uap air film tersebut.

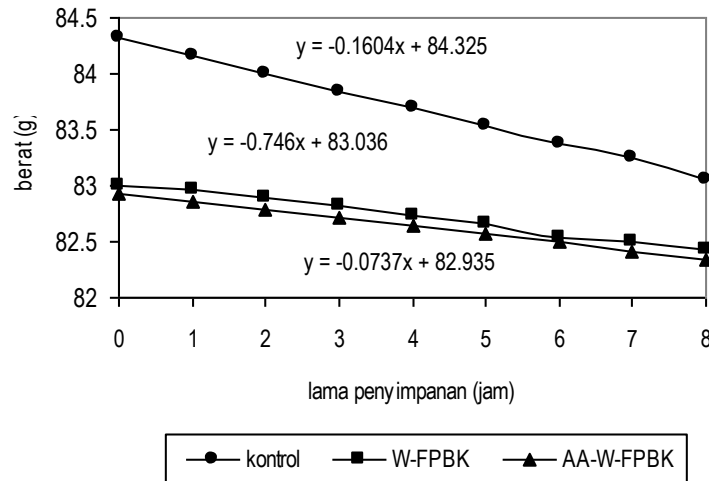
Aplikasi *edible film*

Kemampuan *edible film* untuk menghambat susut berat dan perubahan warna coklat buah apel terolah minimal dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *edible film* secara *wrapping* dapat memperkecil terjadinya susut berat. Gambar 5 menunjukkan bahwa susut berat terbesar terjadi pada buah yang tidak dikemas (kontrol). Hal ini disebabkan karena tidak ada film yang berfungsi sebagai penghalang terjadinya migrasi uap air. Perlakuan asam askorbat tidak mempengaruhi kecepatan susut berat buah apel.

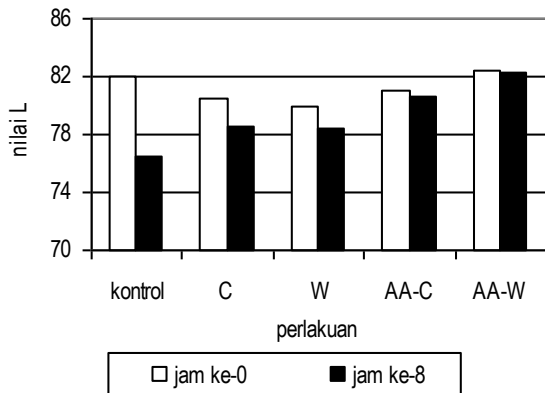
Pada Gambar 6 terlihat bahwa penggunaan asam askorbat mampu menghambat penurunan kecerahan (nilai L) buah apel untuk cara aplikasi *coating* maupun *wrapping*. Cara *wrapping* lebih efektif untuk menghambat perubahan nilai L baik untuk perlakuan dengan atau tanpa asam askorbat. Aplikasi *edible film* dengan cara *coating* kurang efektif untuk menghambat penurunan nilai L baik untuk perlakuan dengan atau tanpa asam askorbat.



Gambar 4. Pengaruh penambahan asam palmitat terhadap terhadap sifat fisik, mekanik dan sifat penghambatan film terhadap uap air. (a) ketebalan; (b) kuat renggang putus (TS); (c) pemanjangan (E) dan (d) laju transmisi uap air (WVTR). Komposisi film adalah tapioka (1% b/v), sorbitol (1% b/v), FPBK (2,5% b/v) dan berbagai asam palmitat (% b/v) polimer total tapioka dan FPBK.



Gambar 5. Perubahan susut berat buah apel potong selama penyimpanan. Kontrol : tanpa perlakuan wrapping maupun coating, W-FPBK : wrapping dengan FPBK tanpa perlakuan perendaman dalam asam askorbat 0,5%; AA-W-FPBK : wrapping dengan FPBK dengan perlakuan perendaman dalam asam askorbat 0,5%.



Gambar 6. Perubahan kecerahan (nilai L) buah apel terolah minimal (C = coating, W = wrapping, AA = asam askorbat)

Aplikasi *edible film* dengan cara *coating* kurang efektif dalam mempertahankan susut berat maupun penurunan kecerahan dibandingkan cara *wrapping*. Hal ini disebabkan pada cara *coating* lapisan film yang terbentuk pada permukaan buah sangat tipis, sehingga tidak mampu mencegah kontak antara buah dengan oksigen yang menyebabkan terjadinya *browning* maupun dalam menahan transmisi air keluar buah. Sedangkan aplikasi dengan cara *wrapping* lebih efektif karena film yang terbentuk relatif lebih tebal dari cara *coating*. Walaupun dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran terhadap

tebal lapisan *coating* pada permukaan buah, namun secara visual terlihat hampir tidak ada lapisan tipis pada permukaan buah yang di-*coating*. Hal ini diduga karena (1) konsentrasi bahan pembentuk film FPBK untuk perlakuan *coating* terlalu rendah (*encer*) sehingga film tidak terbentuk dan (2) kontak antara lapisan *coating* dengan permukaan buah yang basah menyebabkan pelarutan lapisan *coating* menjadi lebih tipis. Tipisnya lapisan *coating* akan bermuara pada kemampuan *edible film* untuk menghambat migrasi oksigen. Baldwin (1994) menyatakan bahwa salah satu faktor yang menentukan keberhasilan *biodegradable/edible film* dan *coating* untuk menghambat kerusakan produk terolah minimal adalah jenis dan ketebalan film.

KESIMPULAN

Protein biji kecipir, dalam bentuk fraksi protein biji kecipir, memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable/edible film*. Peningkatan konsentrasi bahan akan meningkatkan ketebalan dan kuat renggang putus *edible film*, serta menurunkan laju transmisi uap air dan pemanjangan *edible film*. Penambahan asam palmitat sebagai komponen yang bersifat hidrofob mampu menurunkan laju transmisi uap air dan kuat renggang putus, serta meningkatkan pemanjangan *edible film*. *Edible film* dapat menghambat terjadinya susut berat dan perubahan warna (pencoklatan) buah apel terolah minimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, E.A., 1994.** Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: Past, Present, and Future. Dalam Krochta, J.M., Baldwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster. Basel.
- Bradenburg, A.H., Weller, C.L. and Testin, R.F., 1993.** Edible films and coatings from soy protein. *J. Food Sci.* 58(5):1086-1089.
- Callegarin, F., Gallo, J.A.Q., Debeaufort, F. and Voilley, A., 1997.** Lipids and biopackaging. *J. Am. Oil Soc. Sci.* 74(10):1183-1192.
- Choi, W.S. and Han, J.H., 2001.** Physical and mechanical properties of pea-protein-based Edible films. *J. Food Sci.* 66(2):319-322.
- Fishman, M.L., Coffin, D.R., Unruh, J.J. and Ly, T., 1996.** Pectin/starch/glycerol edible film : Blends or composition. *J. Macromolec. Sci. – Pure Appl. Chem.* A33:639-654.
- Fishman, M.L., 1997.** Edible and Biodegradable Polymer Edible Films : Challenges and Opportunities. *Food Tech.* 51(2):16.
- Garcia, M.A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2000.** Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *J. Food Sci.* 65(6):941-947.
- Gennadios, A. and Weller, C.L., 1990.** Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Tech.* (10):63-69.
- Gennadios, A., Bradenburg, A.H., Weller, C.L. and Testin, R.F., 1993.** Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate films. *J. Agric. Food Chem.* 41:1835-1839.
- Gennadios, A., Weller, C.L., Hanna, M.A., and Froning, G.W., 1996.** Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *J. Food Sci.* 61(3):585-589.
- Gnanasambandam,, R., Hettiarachchy, N.S. and Coleman, M., 1997.** Mechanical and barrier properties of rice bran films. *J. Food Sci.* 62(2):395-398.
- Hastuti, S., 1999.** Sifat Fisik dan Kimia Edible Film dari Tepung Biji Kecap Rendah Lemak. *Tesis Program Pasca Sarjana*. Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta.
- Jangchud, A. and Chinnan, M.S., 1999.** Peanut protein film as affected by drying temperature and pH of film forming solution. *J. Food Sci.* 64(1):153-157.
- Kester, J.J. and Fennema, O.R., 1986.** Edible Films and Coatings : A Review. *Food. Tech.* (12):47-59.
- Krochta, J.M. and Mulder-Johnston, C., 1997.** Edible and Biodegradable Polymer Films : Challenges and Opportunities. *Food Tech.* 51(2):61-74.
- Lai, H.M., Padua, G.W. and Wei, L.S., 1997.** Properties and Microstructure of Zein Sheets Plasticized with Palmitic and Stearic Acids. *Cereal Chem.* 74(1):83-90.
- Maynes, J. and Krochta, J.M., 1994.** Properties of edible films from total milk protein. *J. Food Sci.* 59(4):909-911.
- McHugh, T.H. and Senesi, E., 2000.** Apple Wraps : A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *J. Food Sci.* 65(3):480-485.
- Okezie, B.O. and Bello, A.B., 1988.** Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J. Food Sci.* 53(2):450-454.
- Okezie, B.O. and Martin, F.W., 1980.** Chemical composition of dry seed and fresh leaves of winged bean varieties grown in the U.S. and Puerto Rico. *J. Food Sci.* 45:1045-1051.
- Park, J.W., Testin, R.F., Park, H.J., Vergano, P.J., and Weller, C.L., 1994.** Fatty acid concentration effect on tensile strength, elongation, and water vapor permeability of laminated edible films. *J. Food Sci.* 59(4):916-919.
- Parris, N. and Coffin, D.R., 1997.** Composition factors affecting the water vapor permeability and tensile strength of hydrophilic zein Films. *J. Agric. Food Chem.* 45:1596-1599.
- Perez-Gago, M.B. and Krochta. J.M., 1999.** Water vapor permeability of whey protein emulsion films as affected by pH. *J. Food Sci.* 64(4):695-698.
- Poeloengasih, C.D. dan Marseno, D.W., 2002.** Physical Properties of Composite Edible Film from Winged Bean Seed Flour and Tapioca. *Prosiding of National Colloquium "A critical Look on Food Research in Indonesia"*. Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. 24 Juni 2002.

Rowatt, R.J. 1993. The Plastic Waste Problem. *Chem. Tech.* 23:56-60.

Sathe, S.K., Deshpande. S.S. and Salunke, D.K., 1982. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) Proteins. *J. Food Sci.* 47:503-509.

Shellhammer, T.H. and Krochta, J.M., 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *J. Food Sci.* 62(2):390-394.

Were, L., Hettiarachchy, N.S. and Coleman, M., 1999. Properties of cysteine-added soy protein-wheat gluten films. *J. Food Sci.* 64(3):514-518.