



SINTESIS DAN KARAKTERISASI *EDIBLE FILM* KITOSAN TERMODIFIKASI PVA DAN SORBITOL

Maghfiroh*), Woro Sumarni, dan Eko Budi Susatyo

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Desember 2012
Disetujui Desember 2012
Dipublikasikan Mei 2013

Kata kunci:
edible film
kitosan
PVA
sorbitol

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi optimum sintesis produk kemasan makanan yang bersifat *biodegradable* dan dapat dimakan (*edible film*) serta karakterisasinya, sehingga mampu menggantikan material sintetis polipropilen. *Edible film* dapat disintesis dari bahan baku biopolimer kitosan. Penambahan *plasticizer* PVA dan sorbitol dilakukan untuk memperbaiki karakter mekanik *edible film* kitosan, sehingga memenuhi karakter mekanik polipropilen. Pengukuran karakter mekanik *edible film* kitosan digunakan standar ASTM D 638-03. Hasil karakterisasi sifat mekanik *edible film* kitosan termodifikasi PVA dan sorbitol menunjukkan bahwa sorbitol lebih berpengaruh terhadap penambahan nilai persen elongasi sedangkan PVA lebih berpengaruh terhadap nilai kuat tarik *edible film* kitosan. *Edible film* kitosan yang memiliki nilai kuat tarik tertinggi, yaitu 54,79 MPa ditunjukkan oleh *edible film* kitosan dengan penambahan 0,75 gram PVA dalam 50 mL larutan kitosan 3%. Sedangkan nilai persen elongasi tertinggi yaitu 115,71% dimiliki oleh *edible film* kitosan dengan penambahan 0,75 gram sorbitol. Karakter mekanik *edible film* kitosan tersebut relatif stabil pada masa penyimpanan maksimum, yaitu 14 hari. Hasil FT-IR menunjukkan bahwa *plasticizer* PVA dan sorbitol tidak banyak mengubah gugus fungsi dari *edible film* kitosan.

Abstract

This study aims to determine the optimum composition of the synthesis of food packaging products that are biodegradable and edible (*edible films*) as well as his characterization, so as to replace the synthetic polypropylene material. *Edible films* can be synthesized from raw materials biopolymer chitosan. The addition of PVA and sorbitol *plasticizer* done to improve the mechanical character of chitosan *edible film*, thus meeting the mechanical character of polypropylene. Measurement of the mechanical character of chitosan *edible film* used standard ASTM D 638-03. The results of the characterization of the mechanical properties of chitosan *edible film* modified PVA and sorbitol showed that sorbitol is more influential on the addition of PVA while the percent elongation is more influential on the tensile strength of chitosan *edible film*. Chitosan *edible film* that have the highest tensile strength values, ie 54.39 MPa shown by chitosan *edible film* with the addition of 0.75 g PVA in 50 ml of 3% chitosan solution. Whereas the highest percent elongation 113.33% owned by chitosan *edible film* with the addition of 0.75 grams of sorbitol. Mechanical character of chitosan *edible film* are relatively stable at the maximum storage period, ie 14 days. FT-IR results showed that PVA *plasticizer* and sorbitol did not much alter the functional groups of chitosan *edible film*.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
E-mail: mamahfiroh@yahoo.co.id

Pendahuluan

Bahan makanan pada umumnya sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas karena faktor lingkungan, kimia, biokimia, dan mikrobiologi. Salah satu cara untuk mencegah atau memperlambat fenomena tersebut adalah dengan pengemasan yang tepat. Bahan pengemas yang dapat digunakan antara lain plastik, kertas, logam, dan kaca (Wahyu, 2009).

Bahan pengemas dari plastik (material sintetis) banyak digunakan dengan pertimbangan ekonomis dan memberikan perlindungan yang baik dalam pengawetan. Penggunaan material sintetis tersebut berdampak pada pencemaran lingkungan. Plastik akan menjadi sampah yang sulit terurai. "Plastik sintetis yang sering digunakan untuk bahan pengemas makanan adalah produk *non-biodegradable* sehingga sulit untuk diuraikan," pakar Ahli Teknologi Pangan dari Institut Pertanian Bogor (IPB), Arif Hartoyo. Limbah plastik baru bisa terurai setelah 1.000 tahun. Dibandingkan dengan limbah kertas yang membutuhkan waktu sebulan untuk terurai. Oleh karena itu, saat ini dibutuhkan penelitian mengenai bahan pengemas yang dapat diuraikan (*degradable*). Salah satu produk tergolong plastik *biodegradable* yang dewasa ini banyak dikembangkan oleh para peneliti adalah *edible film*.

Dalam bidang pangan, kitosan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembungkus makanan yang dapat berbentuk lembaran plastik yang dapat dimakan (*edible film*) dan bersifat *biodegradable* (Purwanti, 2010). Seperti halnya dengan bahan pengemas sintesis yang terbuat dari bahan lain, *edible film* tersebut diharapkan mempunyai karakter mekanik yang baik sehingga dapat berfungsi sebagai pelindung makanan terhadap pengaruh mekanik dari lingkungan. Beberapa karakter mekanik dari bahan plastik sangat penting dalam penentuan kualitas plastik khususnya *edible film* adalah nilai kuat tarik dan persen elongasi. Sebagai bahan kemasan makanan, *edible film* kitosan ini dimaksudkan untuk dapat menggantikan polipropilen (PP). Polipropilen merupakan material sintetis yang umumnya digunakan sebagai bahan pembuat plastik pembungkus makanan yang tidak dapat diuraikan. Oleh karena itu, karakter mekanik *edible film* kitosan harus memenuhi kriteria polipropilen yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Menurut Yoshida *et al.* (2009), *edible film*

yang dibentuk dari polimer murni bersifat rapuh sehingga perlu digunakan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya. *Edible film* kitosan dengan penambahan bahan tambahan *plasticizer* mempunyai sifat lebih fleksibel daripada film tanpa *plasticizer*.

Tabel 1. Sifat mekanik dan fisik polipropilen

No.	Sifat Mekanik & Fisik	PP
1.	<i>Tensile strength</i> (MPa)	24,7-302
2.	<i>Elongation</i> (%)	21-220
3.	<i>Modulus Young</i> (MPa)	1430
4.	<i>Densitas</i> (g/cm ³)	0,90-0,914
5.	<i>Water Uptake</i> (%)	0,01

Sumber: *boedeker plastics* dalam Darni *et al.* (2009)

Selama waktu penyimpanan maupun pemakaiannya, *edible film* kitosan dapat mengalami perubahan sifat, baik sifatnya sebagai penahan transfer uap maupun sifat mekaniknya. Penurunan kualitas *edible film* ini terhadap waktu penyimpanan atau pemakaian *edible film* diharapkan tidak terlalu cepat terjadi sehingga memungkinkan penggunaan *edible film* kitosan untuk pembungkus bahan makanan. Sifat mekanik *edible film* ini dipengaruhi oleh lama penyimpanan *edible film* (Purwanti, 2010).

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis *edible film* kitosan termodifikasi Poly Vinyl Alcohol (PVA) dan sorbitol untuk meningkatkan nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film*. *Plasticizer* PVA dan sorbitol dipilih karena keduanya kompatibel terhadap kitosan. PVA dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk film yang bersifat hidrofobik seperti kitosan (Canner *et al.*, 1998). Dengan penambahan *plasticizer* PVA dan sorbitol diharapkan mampu dihasilkan *edible film* kitosan yang memiliki nilai kuat tarik dan persen elongasi optimal sebagai bahan kemasan makanan.

Metode Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu massa PVA, massa sorbitol, waktu simpan dan perubahan gugus fungsional *edible film* kitosan. Variabel terikat yaitu variabel yang merupakan akibat hasil tiap perlakuan secara konstan, yaitu kuat tarik dan elongasi dari *edible film* kitosan. Sedangkan variabel kendali yaitu alat dan bahan yang digunakan, jenis kitosan, konsentrasi larutan kitosan, kecepatan pengadukan, dan ukuran cetakan *edible film* kitosan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: ayakan ukuran 250

mesh, neraca analitik merek Adventurer TM Ohaus dengan ketelitian 0,0001 gram, penyaring vakum, cetakan ukuran 18 cm x 13 cm, *hotplate stirrer* merek Daihan Lab Tech, alat uji kuat tarik merek Pearson Panke Equipment LTD, FT-IR merek Shimadzu, kitosan, Poly Vinyl Alcohol (PVA), sorbitol, asam asetat glasial, kertas saring Whatman 45, air demineralisasi, etanol 96% buatan E Merck.

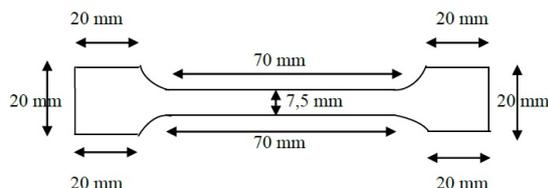
Dalam sintesis *edible film* kitosan, terlebih dahulu dibuat larutan kitosan 3 % yaitu sebanyak 7,5 gram kitosan dilarutkan dalam larutan asam asetat 1 % sampai volumenya 250 mL dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 30 menit dengan kecepatan 80 rpm. Larutan kemudian disaring menggunakan saringan vakum (Purwanti, 2010). Tahap selanjutnya adalah tahap penambahan *plasticizer*. Sorbitol masing-masing dengan variasi massa sebanyak 0,5; 1; 1,5; 2 dan 2,5 gram diletakkan dalam erlenmeyer. Larutan kitosan 3 % ditambahkan sampai volume larutan menjadi 50 mL. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 80 rpm hingga terbentuk larutan yang homogen dan bening (transparan). Selanjutnya larutan tersebut dicetak pada sebuah cetakan kemudian dikeringkan pada udara terbuka hingga larutan kitosan membentuk lembaran plastik tipis. *Edible film* yang dihasilkan di analisis kuat tarik, persen elongasi, dan gugus fungsi. Tahap variasi massa PVA dilakukan dengan cara yang sama.

Hasil dan Pembahasan

Pada dasarnya, pembentukan *edible film* merupakan proses pertumbuhan fragmen kecil atau penggabungan polimer-polimer. Prinsip pembentukan *edible film* adalah interaksi rantai polimer menghasilkan agregat polimer yang lebih besar dan stabil (Syamsir, 2008). *Edible film* kitosan yang diperoleh dalam penelitian ini berbentuk lembaran bening/transparan agak kekuningan, mengkilap, tidak kaku, homogen, dan tebal kira-kira 0,1 mm.

Sifat mekanis yang diuji dalam penelitian ini meliputi uji kuat tarik dan persen elongasi. Penentuan kekuatan tarik dilakukan dengan pemberian beban tertentu pada spesimen sehingga terjadi perubahan panjang (regangan) sampai spesimen putus. Hasil dari pengujian didapatkan harga gaya tarik (kg) dan panjang spesimen (mm). Hasil ini diolah kembali untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik (Mpa), dan persen elongasi (%).

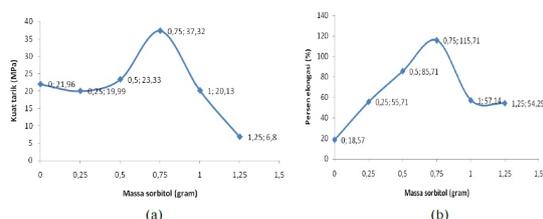
Nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan diukur berdasarkan ukuran benda uji. Dalam penelitian ini, digunakan standar ASTM D 638-03. Standar ASTM yang diacu, menunjukkan ukuran benda kerja yang akan diuji. Secara detail, ukuran benda kerja berdasarkan standar ASTM D 638-03 dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, benda uji yang digunakan memiliki ukuran panjang awal 35 mm, lebar 3,75 mm dan tebal 0,1 mm (50 % dari Gambar 1.)



Gambar 1. Standar ASTM D 638-03

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah film sedangkan persen elongasi merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel film terputus. Pada umumnya keberadaan *plasticizer* dalam proporsi lebih besar akan membuat nilai persen elongasi suatu film meningkat (Huda, 2009).

Plasticizer merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer (Gontard *et al.*, 1993). Penambahan *plasticizer* sorbitol pada larutan kitosan 3% dimaksudkan untuk meningkatkan nilai kuat tarik dan fleksibilitas *edible film* kitosan. Kedua parameter inilah yang menentukan sifat mekanik dan kualitas *edible film* kitosan sebagai bahan pengemas makanan.



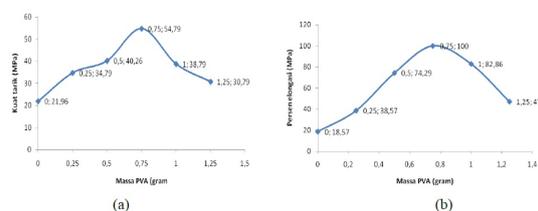
Gambar 2. Kurva nilai kuat tarik (a) dan persen elongasi (b) plastik kitosan dengan plasticizer sorbitol

Gambar 2 menunjukkan data uji kuat tarik untuk *edible film* kitosan dengan variasi massa *plasticizer* sorbitol. Ternyata massa optimum *plasticizer* sorbitol yang dapat digunakan untuk membuat *edible film* kitosan dengan kualitas optimum adalah 0,75 gram dalam 50 mL larutan kitosan 3 %. Sesuai yang diungkapkan oleh Purwanti (2010), pada komposisi tersebut,

reaksi pengikatan sorbitol oleh kitosan berada pada titik jenuh sehingga molekul-molekul sorbitol (*plasticizer*) terdispersi merata dan berinteraksi di antara struktur rantai polimer dan menyebabkan rantai-rantai polimer lebih sulit bergerak karena halangan sterik. Hal inilah yang menyebabkan kekuatan tarik meningkat di samping karena adanya gaya intermolekuler antar rantai pada campuran tersebut. Halangan sterik juga menyebabkan ikatan hidrogen intermolekuler polimer kitosan berkurang, sehingga plastik tidak kaku dan memiliki persen elongasi maksimum.

Bila kadar sorbitol ditingkatkan akan mengakibatkan kekuatan tarik dan persen elongasi menjadi menurun. Hal ini disebabkan pada komposisi optimum, semua kitosan tepat bereaksi dengan sorbitol. Kitosan yang ada sudah tidak mampu lagi untuk mengikat sorbitol, sehingga jika sorbitol ditambahkan lagi maka molekul-molekul sorbitol yang berlebih berada dalam fase tersendiri di luar fase polimer. Kondisi ini akan menurunkan gaya intermolekuler antar rantai polimer pada kitosan.

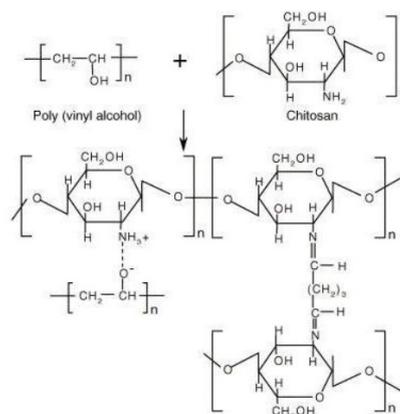
Massa PVA optimum untuk menghasilkan *edible film* kitosan dengan kuat tarik maksimum adalah sebesar 0,75 gram. Hampir sama dengan sorbitol, pada komposisi tersebut, campuran PVA-kitosan berada dalam kondisi jenuh.



Gambar 3. Kurva nilai kuat tarik (a) dan persen elongasi (b) plastik kitosan dengan *plasticizer* sorbitol

Kitosan memiliki gugus hidroksil dan amin yang dapat memberi jembatan hidrogen secara intermolekuler atau intramolekuler, sedangkan PVA juga memiliki gugus -OH, sehingga antara PVA dan kitosan dapat terjadi ikatan hidrogen. PVA merupakan suatu polimer linear. Antar polimer dapat mengalami suatu tautan/ikatan. Kitosan juga merupakan polimer. Jika kedua polimer tersebut terlibat dalam suatu sistem, kitosan dan PVA dapat saling berikatan. Apabila rantai-rantai polimer digabungkan oleh ikatan kimia maka polimer tersebut dikatakan telah mengalami proses *cross-link*. Lebih penting lagi, *cross-linking* bisa

mengubah polimer dalam bentuk cairan ke bentuk *solid* dimana hal ini suatu proses yang sering digunakan pada setting bahan cetak (Nisa, 2005).



Gambar 4. *Cross-linking* PVA-kitosan (Nisa, 2005)

Penambahan massa *plasticizer* PVA yang melebihi kadar optimum akan menurunkan nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan. Molekul PVA yang berlebih akan berada pada fase tersendiri dari fase polimer. Molekul PVA yang tidak berikatan *cross-linking* dengan kitosan ini akan menghalangi ikatan antar molekul dalam polimer, sehingga kekuatan ikatannya menjadi berkurang, yang akhirnya berdampak pada nilai kuat tarik dan persen elongasi yang berkurang. Semakin banyak molekul PVA yang ditambahkan lagi, maka semakin banyak pula molekul yang menghalangi ikatan *cross-linking* PVA-kitosan.

Penurunan nilai kuat tarik dan persen elongasi seperti yang terlihat pada Gambar 3. sesuai dengan pernyataan yang diungkapkan oleh Lai *et al* dalam Purwanti (2010) yang menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* lebih dari jumlah tertentu akan menghasilkan film dengan kuat tarik yang lebih rendah.

Bila Gambar 2 dan Gambar 3 diamati maka, dapat digeneralisasikan bahwa *plasticizer* sorbitol lebih berpengaruh terhadap penambahan nilai persen elongasi sedangkan PVA lebih berpengaruh terhadap nilai kuat tarik *edible film* kitosan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dicoba memadukan kedua *plasticizer* tersebut, yaitu 0,375 gram PVA dan 0,375 gram sorbitol dalam 50 mL larutan kitosan 3%, dengan asumsi massa maksimal dari *plasticizer* yang digunakan adalah 0,75 gram. Jika massa *plasticizer* yang ditambahkan melebihi jumlah maksimal tersebut, dikhawatirkan akan terjadi penurunan sifat

mekanik *edible film* kitosan.

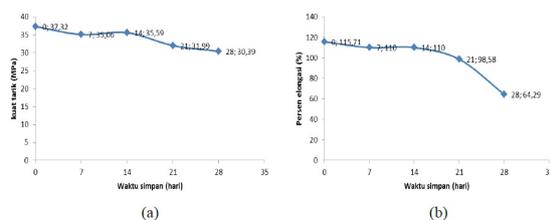
Hasilnya, diperoleh *edible film* kitosan dengan nilai kuat tarik sebesar 40,35 Mpa dan nilai persen elongasi sebesar 87,62%. Nilai ini terletak diantara rentang nilai kuat tarik dan persen elongasi maksimum dari masing-masing penambahan plasticizer sorbitol dan PVA (Gambar 2 dan Gambar 3).

Sama halnya dengan bahan pengemas sintesis yang terbuat dari bahan lain, *edible film* tersebut diharapkan mempunyai kemampuan untuk melindungi makanan dengan baik, yaitu dapat berfungsi sebagai pelindung makanan terhadap pengaruh mekanik dari lingkungan. Sebagai bahan kemasan makanan pengganti material sintetis polipropilen, karakter mekanik *edible film* kitosan harus memenuhi kriteria karakter mekanik dari polipropilen yaitu kuat tarik sebesar 24,7-302 MPa dan persen elongasi 21-220% (Tabel 1). Berdasarkan hasil yang diperoleh, PVA dan sorbitol dapat berperan sebagai bahan *plasticizer* yang dapat meningkatkan nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan sehingga memenuhi karakter mekanik standar polipropilen dan layak digunakan. Karakter mekanik *edible film* kitosan termodifikasi PVA dan sorbitol hasil penelitian ini lebih baik dari pada *edible film* yang dihasilkan oleh Purwanti (2010). *Edible film* dari Purwanti (2010) yang terbuat 0,5-2,0 gram sorbitol dalam larutan kitosan 1% memiliki nilai kuat tarik dibawah kriteria karakter mekanik standar polipropilen.

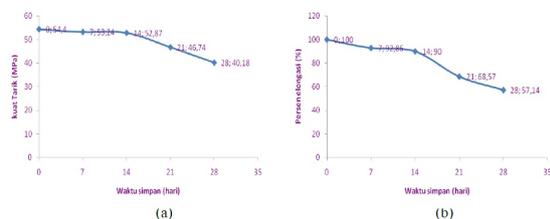
Pada penelitian ini, uji simpan hanya dilakukan pada *edible film* kitosan dengan penambahan *plasticizer* optimum, yaitu *edible film* yang dibentuk dari penambahan 0,75 gram sorbitol atau PVA dalam 50 mL larutan kitosan 3%. *Edible film* tersebut disimpan dalam suatu ruangan tertutup dengan suhu dan kelembaban kamar. Selama penyimpanan dengan waktu dari hari ke-0 sampai dengan hari ke-28 (4 minggu), parameter sifat kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan ditunjukkan pada Gambar 6. *Edible film* yang dibuat dari kitosan dapat mengalami penuaan yang disebabkan oleh beberapa hal antara lain karena peristiwa fisis yang terjadi di dalamnya maupun pengaruh dari lingkungan, misalnya karena adanya pengaruh uap air dalam lingkungan penyimpanan.

Gambar 5. menunjukkan bahwa selama masa penyimpanan *edible film* kitosan dengan *plasticizer* sorbitol mengalami penurunan nilai

kuat tarik dan nilai persen elongasi. Pada hari ke-0 sampai hari ke-14, penurunan sifat mekanik *edible film* kitosan tidak terlalu besar atau dapat dikatakan sifat mekanik *edible film* kitosan relatif stabil. Kestabilan sifat mekanik *edible film* kitosan ditunjang oleh sifat hidrofili dari PVA dan sorbitol. Molekul *plasticizer* tersebut akan mengikat molekul air yang ada pada membran bakteri, sehingga bakteri akan mengalami lisis sehingga terjadi kebocoran protein dan komponen penyusun intraseluler dari dalam sel bakteri. Sesuai pernyataan Brenan dan Davidson dalam Cahyaning (2008) mekanisme aktivitas penghambatan antibakteri dapat melalui beberapa faktor, salah satunya yaitu mengganggu komponen penyusun dinding sel dan bereaksi dengan membran sel sehingga mengakibatkan peningkatan permeabilitas dan menyebabkan kehilangan komponen penyusun sel.



Gambar 5. Nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan termodifikasi sorbitol pada berbagai masa simpan



Gambar 6. Nilai kuat tarik (a) dan persen elongasi (b) *edible film* kitosan dengan *plasticizer* PVA selama penyimpanan

Pada masa penyimpanan yang lebih lama, *edible film* kitosan mengalami degradasi sifat mekanik yang cukup signifikan, seperti yang terlihat pada Gambar 5 Pada hari ke-21 sampai hari ke-28, penurunan nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan sangat besar. Hal ini dapat terjadi karena adanya adsorpsi uap air pada *edible film* kitosan selama penyimpanan. Penyimpanan yang terlalu lama menyebabkan perubahan warna pada *edible film* kitosan, yang semula berwarna bening transparan menjadi kuning. Pada kondisi ini, *edible film* kitosan tidak layak lagi untuk digunakan. Gejala yang sama terjadi pula pada

edible film kitosan dengan *plasticizer* PVA. Berdasarkan data nilai kuat tarik dan persen elongasi *edible film* kitosan pada Gambar 5. dan Gambar 6. dapat diketahui bahwa waktu simpan maksimum *edible film* kitosan sekitar 14 hari.

Pengujian gugus fungsional dilakukan dengan spektrofotometer Infra Merah (FT-IR). Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari suatu bahan atau matriks yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan pada sampel *edible film* kitosan tanpa penambahan *plasticizer*, *edible film* kitosan dengan penambahan 0,75 gram PVA dan *edible film* kitosan dengan penambahan 0,75 gram sorbitol dalam 50 mL larutan kitosan 3%. Spektrum FT-IR menunjukkan bahwa kitosan mengandung gugus O-H; C-H alifatik; N-H amina, C-N amina alifatik; dan C-O. Ketiga spesimen yang diuji menunjukkan tidak adanya gugus fungsi baru yang dihasilkan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa Modifikasi sorbitol dan PVA sebagai *plasticizer* terhadap kitosan memperbaiki sifat mekanik *edible film* kitosan sebagai bahan kemasan makanan. PVA berpengaruh besar dalam meningkatkan nilai kuat tarik *edible film* kitosan menjadi 2,5 kali, sedangkan sorbitol lebih berpengaruh untuk meningkatkan persen elongasi *edible film* kitosan menjadi 7,5 kali nilai awal. *Edible film* kitosan tersebut memiliki nilai kuat tarik dan persen elongasi yang memenuhi kriteria standar polipropilen. Selama masa penyimpanan, *edible film* kitosan termodifikasi PVA dan sorbitol mengalami penurunan sifat mekanik baik nilai kuat tarik maupun persen elongasinya. Pada masa penyimpanan kurang dari 14 hari, sifat mekanik *edible film* kitosan relatif stabil karena sifat hidrofil dari PVA dan sorbitol. *Plasticizer* PVA dan sorbitol tidak banyak mengubah gugus fungsi pada *edible film* kitosan.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi (Dikti) atas dana yang diberikan pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan semua pihak yang membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Bourtoom, T. 2007. Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edible Film Prepared From Strach. Department of Material Product Technology,

Songkhala. (on line) Available at : http://vishnu.sut.ac.th/iat/food_innovation/up/rice%20strach%20film.doc

- Cahyaning, Beti Atuti. 2008. Pengembangan Edible Film Kitosan dengan Penambahan Asam Lemak dan Esensial Oil : Upaya Perbaikan Sifat Barrier dan aktivitas Antimikroba. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Canner, C., Vergano, P.J., and Wiles, J.L. 1998. Chitosan Film Mechanical and Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer, and Storage. *Journal of Food Science*, Vol. 63, No. 6, 1049-1053.
- Darni, Yuli, Herti Utami, dan Siti Nur Asriah. 2009. Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradable Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema spinosum*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1993. Water and Glycerol as plasticizer Affect Mechanical and Water Barrier Properties at an Edible Wheat Gluten Film. *J. Food Science*. 58 (1): 206-211
- Huda, Mahfudz Al. 2009. Sifat Mekanik Bahan (Mechanical Properties). Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana.
- Nisa, Khoirun. 2005. Karakteristik Fluks Membran Kitosan Termodifikasi Poli (Vinil Alkohol) dengan Variasi Poli (Etilena Glikol) sebagai Porogen. Departemen Kimia, Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Purwanti, Ani .2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol. Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi. *Jurnal Teknologi*, Volume 3 Nomor 2, 99-106.
- Syamsir, Elvira. 2008. Mengenal Edible film. <http://id.shvoong.com/exactsciences/>. Diakses 1 Mei 2012.
- Wahyu, Maulana Karnawidjaja. 2009. Pemanfaatan Pati Singkong sebagai Bahan Baku Edible Film. Jurusan Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.
- Yoshida, C.M.P., Junior, E.N.O., and Franco, T.T. 2009. Chitosan Tailor-Made Films : The Effects of Additives on Bamer and Mechanical Properties. *Journal Packaging Technology and Science*, 22, 161 – 170.