

PENGARUH GLISEROL TERHADAP SIFAT FISIK/MEKANIK DAN BARRIER EDIBLE FILM DARI KITOSAN

(EFFECT OF GLYCEROL TO PHYSICAL/MECHANICAL AND BARRIER CHARACTERISTIC OF EDIBLE FILM FROM CHITOSAN)

Suryo Irawan

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Departemen Perindustrian RI
Jl. Balai Kimia I Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur

E-mail : irawan21172@yahoo.com

ABSTRAK

Kualitas *edible film* kitosan sangat ditentukan oleh kekuatan fisik dan mekanik dari *edible film* kitosan yang dihasilkan, yaitu dari besar kecilnya nilai ketahanan tarik, elongasi, laju transmisi uap air (*Water Vapour Transmission Rate/WVTR*) dan laju transmisi gas oksigen (*Oxygen Transmission Rate/ O2TR*). Sifat fisik dari *edible film* dapat menentukan fleksibilitas dari kemasan, semakin kecil nilai ketahanan tarik dan semakin besar nilai elongasi *edible film* akan lebih aplikatif. Sifat mekanik menentukan kualitas dari kemasan, semakin kecil nilai *WVTR* dan *O2TR* yang dihasilkan oleh suatu *edible film* maka kualitas *edible film* tersebut akan semakin baik. Pada penelitian ini dipelajari bagaimana pengaruh penambahan *plasticizer* (gliserol) terhadap sifat fisik/mekanik *edible film* kitosan. *Edible film* dibuat dengan cara modifikasi metode Vojdani dan Torres dimana 3 g kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam asetat glasial dengan penambahan gliserol (*plasticizer*). Secara umum lembaran film kitosan yang dihasilkan mempunyai nilai ketebalan dan elongasi yang cenderung meningkat, nilai kuat tarik dan *O2TR* yang cenderung menurun. *WVTR* memiliki nilai minimum sebesar 165,56 g/m²/24 jam.

Kata kunci : *Plasticizer*, Gliserol, *Edible film*, Kitosan

ABSTRACT

Quality of *edible film* chitosan depend on physical and mechanical strenght from *edible film* result, it is from big or small value of tensile strenght, elongation, *Water Vapour Transmission Rate (WVTR)* dan *Oxygen Transmission Rate (O2TR)*. Physical characteristic from *edible film* can determine of packaging's flexibility, the smaller tensile strenght value, the more applicative elongation value of *edible film*. Mechanical characteristic can determine of quality from packaging, smaller *WVTR* and *O2TR* which result of *edible film* it will be to more better quality of *edible film*. At this research is studied how effect *plasticizer* can be determine physical/mechanical characteristic of *edible film* chitosan. *Edible film* is made by modified of Vojdani and Torres method, where is 3 g chitosan in 100 mL acetic glacyal acid with addition glycerol (*plasticizer*). Generally *edible film* chitosan have thickness and elongation which increace, tensile strenght and *O2TR* is decrease. *WVTR* have minimum value 165.56 g/m²/24 hours.

Key words : *Plasticizer*, Glycerol, *Edible film*, Chitosan

PENDAHULUAN

Aplikasi kitosan sebagai bahan kemasan layak santap untuk memperpanjang umur simpan dimulai pada tahun 1985, terutama karena kitosan mempunyai karakteristik yang ramah lingkungan dan mampu urai hayati, serta sifat kedapnya terhadap gas oksigen yang sangat baik. Kitosan sangat berpotensi sebagai

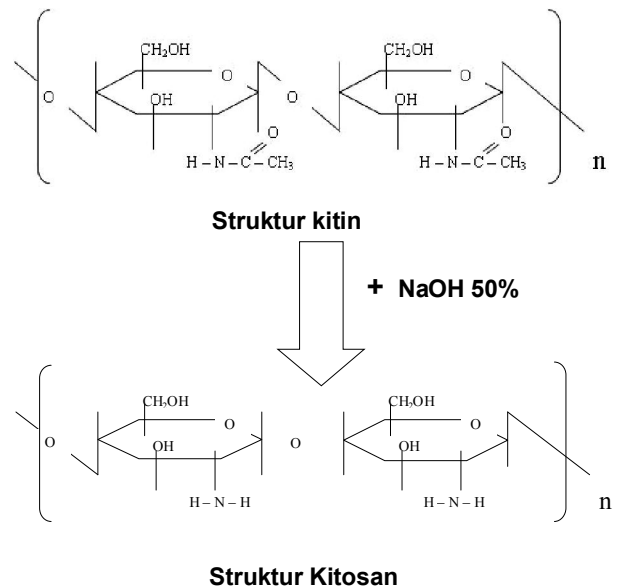
bahan kemasan layak santap, karena kitosan sebagai biopolimer yang akrab dengan lingkungan.

Persyaratan terpenting bagi suatu film kemasan adalah menciptakan kondisi atmosfer yang dapat menurunkan laju respirasi aerobik sehingga aktivitas metabolisme dapat ditekan

seminimal mungkin serta tidak menimbulkan *off-flavor* (Broody *et.al.*, 1992; Hui, 2006). Jenis bahan kemasan yang berasal dari bahan yang dapat dimakan (*edible coating*) merupakan bahan pengemas alternatif yang banyak diteliti dan dikembangkan. Bahan tersebut dapat berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) yang baik bagi uap air, gas O₂ dan CO₂. Penggunaan *edible coating* untuk memperpanjang masa simpan produk pangan segar sudah banyak dilakukan yaitu dimulai dengan praktek pelapisan bahan pangan dengan lemak seperti lilin (*wax*) untuk memperlambat kekeringan produk. Menurut Krochta (1992) dan Helmi (2001) *edible coating* adalah lapisan tipis kontinyu yang terbuat dari bahan yang bisa dimakan, yang digunakan di atas atau diantara produk pangan, berfungsi sebagai penahan (*barrier*) perpindahan massa (uap air, O₂, CO₂) atau sebagai pembawa bahan tambahan makanan seperti zat antimikroba dan antioksidan. Secara teoritis, bahan *edible coating* harus memiliki sifat menahan kehilangan kelembaban produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna pigmen alami dan gizi serta menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet dan penambah aroma yang memperbaiki mutu bahan pangan.

Edible coating sebagai lapisan tipis yang dapat dimakan yang digunakan pada makanan dengan cara pembungkusan, pencelupan, penyikatan atau penyemprotan untuk memberikan penahanan yang selektif terhadap perpindahan gas, uap air dan bahan terlarut serta perlindungan terhadap kerusakan mekanis. *Edible coating* ini biasanya langsung digunakan dan dibentuk di atas permukaan produk seperti buah dan sayur untuk meningkatkan mutu produk. Film kitosan yang terbuat dari protein dan polisakarida mempunyai sifat penghalang yang sangat baik terhadap oksigen (Gontard *et.al.*, 1993; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008). Hal ini disebabkan karena polisakarida mempunyai gugus hidroksil dalam jumlah besar, gugus hidroksil tersebut menciptakan interaksi rantai polimer yang kuat sehingga membatasi pergerakan rantai dan menyebabkan permeabilitas oksigen menjadi rendah (Krochta *et.al.*, 1994; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008).

Penambahan gliserol ke dalam film kitosan akan menurunkan tingkat transmisi oksigen karena gliserol bersifat hidrofilik (mempunyai banyak ikatan -OH) dimana ikatan -OH sendiri dikenal memiliki permeabilitas



Gambar 1. Proses deasetilasi kitin menjadi kitosan

yang rendah. Kitosan dikenal sebagai kitin yang dapat larut dan merupakan produk alami yang didapat dari proses deasetilasi kitin.

Kitosan merupakan produk deasetilasi (pemutusan gugus asetil) kitin dengan alkali kuat (Gambar 1). Senyawa ini mudah diperoleh dari reaksi deasetilasi kitin dengan penambahan NaOH 50 % pada temperatur 120 °C mengakibatkan terlepasnya gugus asetil yang melekat pada gugus amino dari molekul kitin yang selanjutnya akan membuat kitosan bersifat kationik (bermuatan positif) yang siap menarik ion negatif lawannya.

Sifat kitosan dapat disamakan dengan sifat polimer kationik sehingga kitosan tidak larut dalam air atau larutan alkali pada pH diatas 6,5. Kitosan larut dengan cepat dalam asam organik cair, seperti asam formiat, asam asetat, asam sitrat dan asam mineral lain kecuali sulfur (Mc Kay *et.al.*, 1987; Nadarajah, 2005). Polielektrolit dapat berupa rantai lurus atau bercabang dari satuan yang lebih kecil yang sama atau terdiri dari dua atau tiga macam satuan yang berbeda. satuan tersebut dapat mengandung gugus -COOH, -OH, -PO₃H₂, -NH₂⁺ dan R₁ NR₂⁺. Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran film, serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda (Mc. Kay *et.al.*,

1987; Nadarajah, 2005). Kitosan mengontrol fisiotropik dari patogen dalam produk daging dan ikan segar atau olahan, di bawah pengaturan atmosfer kitosan atau β -1,4-poli-D-glukosamin mempunyai rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$. Kitosan mempunyai sifat fisik diantaranya adalah agak putih, transparan, berbentuk serpih atau serbuk dengan warna agak mengkilap. Kitosan tidak larut dalam air dan larutan alkali tetapi larut dalam asam anorganik seperti asam hidroklorik dan asam nitrit dan juga larut dalam sebagian besar asam organik. Ketika dilarutkan dalam larutan asam, ikatan rantai kitosan akan terhidrolisa dan membentuk 3 bentuk kristalografi yaitu α , β dan γ . Kitosan mempunyai kemampuan dalam pembentukan film yang membuat kitosan cocok untuk digunakan sebagai pengawet makanan, aplikasi terpenting dari kitosan adalah sebagai pelapis dalam pengawetan buah. Biodegradabilitas kitosan merupakan salah satu keuntungan terbesar dalam mengurangi kerusakan lingkungan dengan mengganti plastik yang berasal dari minyak bumi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan terdiri dari kitosan (PT. Vital House Ind.), dengan spesifikasi kadar air 7,65 %; kadar abu < 1%; derajat deasitilasi > 66,42 %; viscositas > 200 Cps, asam asetat glasial 1 %, gliserin, dan acetone. Sedangkan alat yang digunakan adalah media cetak (Akrilik), Alat Uji Sifat Fisik dan Mekanik Kemasan *Edible film*.

Metode

Prosedur pembuatan *edible film* kitosan pada penelitian ini adalah modifikasi metode Vojdani dan Torres (1989) (Butler *et.al.*, 1996; Bourtoom, 2008; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008). Tiga gram kitosan dilarutkan dengan 100 ml asam asetat glasial 1 %, pada temperatur 50 °C selama 60 menit dengan pengadukan. Larutan kitosan kemudian disaring dengan bantuan pompa *vaccum*, agar gelembung udara dan kotoran yang terperangkap di dalam larutan kitosan dapat hilang. Kemudian larutan kitosan dipanaskan kembali pada temperatur 50 °C selama 15 menit, selama pemanasan dilakukan pengadukan dan penambahan *plasticizer* (gliserol), dengan memvariasikan konsentrasi

dari *plasticizer*. Setelah batas waktu 15 menit tercapai, diharapkan campuran telah homogen. Larutan *edible film* kitosan dituang ke media cetak yang berupa akrilik (24 x 34) cm, yang sebelumnya terlebih dahulu dibersihkan dengan alkohol 96 %. Setiap sampel dituangkan kedalam media cetak yang berjumlah sama, agar diketahui perbedaan ketebalan masing-masing sampel sejalan dengan penambahan konsentrasi *plasticizer* dan bahan aditif.

Kemudian *edible film* yang telah siap didinginkan pada temperatur 22 °C selama kurang lebih 24 jam, pendinginan ini dimaksudkan agar larutan *edible film* kitosan tersebut membeku dan membentuk lembaran *edible film* kitosan. Lembaran *edible film* kitosan kemudian dikelupas dari media cetak dan dilakukan pengujian terhadap karakteristik/sifat mekanik dari *edible film* kitosan tersebut.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan memvariasikan konsentrasi penambahan gliserol sebesar 0 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL dan 0,8 mL kedalam setiap gram kitosan yang dilarutkan. Analisis parameter yang dilakukan meliputi *WVTR*, *O2TR*, kuat tarik, perpanjangan putus, dan ketebalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas *edible film* kitosan sangat ditentukan oleh kekuatan fisik, kekuatan mekanik (*WVTR*) dan *O2TR*. Sifat fisik dari *edible film* dapat menentukan fleksibilitas dari kemasan, semakin kecil nilai ketahanan tarik dan semakin besar nilai perpanjangan putus *edible film* kitosan akan lebih fleksibel. Sifat mekanik menentukan kualitas dari kemasan, semakin kecil nilai *WVTR* dan *O2TR* yang dihasilkan oleh suatu *edible film* maka kualitas *edible film* tersebut akan semakin baik. Ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan dan ketebalan cetakan. Dengan cetakan yang sama, *edible film* yang terbentuk akan lebih tebal apabila volume larutan yang dituangkan ke dalam cetakan lebih banyak. Demikian juga total padatan dengan jumlah yang lebih banyak akan membuat *edible film* menjadi lebih tebal.

Penambahan gliserol mempengaruhi ketebalan *edible film*. Semakin banyak jumlah gliserol yang ditambahkan, ketebalan *edible film* semakin bertambah karena total padatan dalam larutan semakin banyak.

Tabel 1. Hasil uji Sifat Fisik dan Mekanik film Kitosan

No	Kode Contoh	Tebal (mm)	Ketahanan Tarik (kgf/mm ²)	Elongasi (%)	WVTR (g/m ² /24 jam)	O ₂ TR (cc/m ² /24 jam)
1	C ₀ Rata-rata	0,024	182,112	3,6	330,680	1,856
2	C ₁ Rata-rata	0,025	146,982	4,2	226,240	1,057
3	C ₂ Rata-rata	0,029	122,230	6,2	165,560	0,928
4	C ₃ Rata-rata	0,032	115,570	7,0	245,800	0,804
5	C ₄ Rata-rata	0,035	92,652	12,2	358,880	0,562

Keterangan tabel :

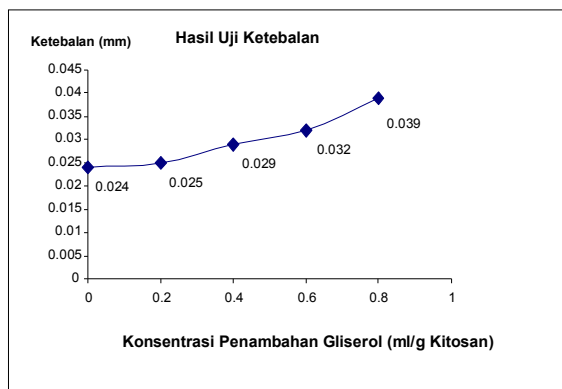
C₀ : Formulasi tanpa penambahan gliserol

C₁ : Formulasi dengan penambahan gliserol 0.2 ml/g kitosan

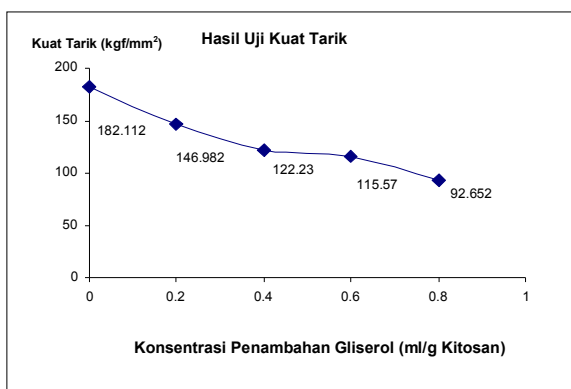
C₂ : Formulasi dengan penambahan gliserol 0.4 ml/g kitosan

C₃ : Formulasi dengan penambahan gliserol 0.6 ml/g kitosan

C₄ : Formulasi dengan penambahan gliserol 0.8 ml/g kitosan



Gambar 1. Grafik hasil uji ketebalan



Gambar 2. Grafik hasil uji Kuat Tarik

Hasil analisis ketebalan didapatkan bahwa *edible film* kitosan yang ditambahkan gliserol memiliki nilai ketebalan terendah 0,025 mm dan tertinggi sebesar 0,035 mm. Sedangkan yang tanpa gliserol, memiliki nilai ketebalan sebesar 0,024 mm. Hasil pengukuran tersebut memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan rata-rata ketebalan *edible film* kitosan dengan adanya penambahan gliserol.

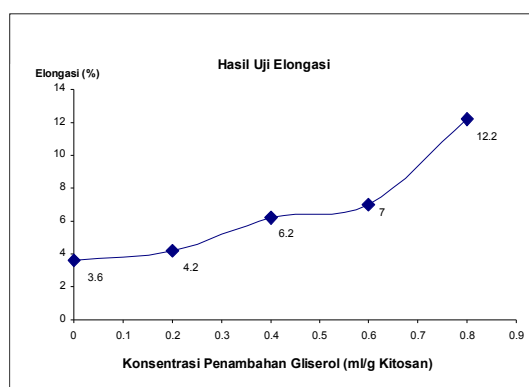
Kekuatan tarik merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap sifat mekanik *edible film*. Sifat mekanik dapat berupa kekuatan, kekerasan, kekakuan, dan keliatan (Surdia *et al.*, 1995; Bourtoom, 2008). Kekuatan tarik adalah tegangan regangan maksimum sampel sebelum putus. Kekuatan tarik *edible film* kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat dan mendapat tambahan gliserol memiliki nilai kuat tarik cenderung menurun, sejalan dengan penambahan konsentrasi gliserol. Penambahan gliserol akan mengurangi gaya antar molekul sepanjang rantai polisakarida sehingga struktur film yang dibentuk menjadi lebih halus dan fleksibel (Gontard *et al.*, 1993; Bourtoom, 2007). Hal ini memungkinkan karena gliserol merupakan molekul hidrofilik kecil yang dapat dengan mudah masuk di antara rantai-rantai molekul tersebut dan membentuk ikatan hidrogen amida dengan protein. Jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat pada molekul *plasticizer* (gliserol) akan mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan

tarik dan persentasi pemanjangan) suatu *edible film* (Park *et.al.*, 1995; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008).

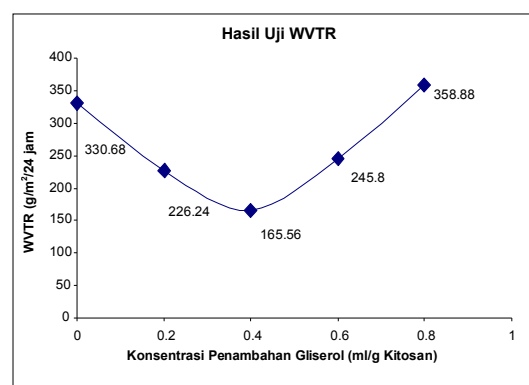
Hasil uji menunjukkan nilai kuat tarik terendah 92,652 kgf/cm² dan nilai tertinggi 182,112 kgf/cm². Sedangkan *edible film* kitosan tanpa menggunakan gliserol, memiliki nilai kuat tarik sebesar 182,112 kgf/cm². Pengukuran kekuatan tarik *edible film* yaitu perubahan panjang maksimum yang dialami *edible film* ketika pengujian kekuatan tarik yang dilihat saat *edible film* putus.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa pada konsentrasi gliserol yang meningkat menyebabkan persentase elongasinya juga akan lebih besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gennadios dan Weller (1993) (Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008; Bourtoom, 2008) bahwa peningkatan jumlah gliserol akan menghasilkan *edible film* dengan persentase elongasi yang lebih tinggi dalam batasan *edible film* yang tidak sampai lembek. Hal ini disebabkan karena dengan adanya peningkatan jumlah gliserol maka akan menurunkan kekuatan gaya antar molekul sehingga mobilitas antar rantai molekul meningkat dan persentase elongasi *edible film* pun semakin meningkat. Elongasi *edible film* kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat dan mendapat tambahan gliserol memiliki nilai terendah 4,2 %, dan nilai tertinggi 12,2 %. Sedangkan *edible film* kitosan tanpa menggunakan gliserol memiliki nilai elongasi sebesar 3,6 %.

Hasil analisis *WVTR* didapatkan bahwa film kitosan yang ditambahkan gliserol dan tanpa gliserol memiliki nilai *WVTR* terendah sebesar 165,56 – 358,88 g/m²/24 jam. Besarnya nilai *WVTR* pada film kitosan disebabkan karena film kitosan yang dihasilkan masih dipengaruhi oleh sifat bahan baku (kitosan) yang hidrofilik (Gambar 5) dan celah-celah rantai molekul polimer kitosan yang belum terisi merata (Gambar 6). Penyerapan uap air yang terjadi disebabkan karena adanya proses difusi aktif yang melibatkan pelarutan uap air pada film kitosan, kemudian berdifusi melalui film kitosan dan dilepaskan pada sisi yang lain. Selain itu, ketika film hidrofilik menyerap air dan menggumpal, molekul air yang ditambahkan kemudian akan bersifat *mobile*, menyebabkan mobilitas rata-rata dari molekul air meningkat dan akibatnya terjadi peningkatan permeabilitas dan laju transmisi uap air (Krochta *et.al.*, 1994; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008).



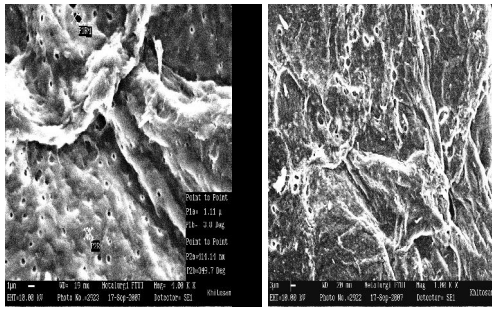
Gambar 3. Grafik hasil uji perpanjangan putus



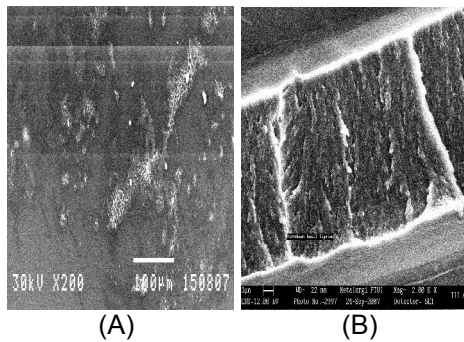
Gambar 4. Grafik hasil uji WVTR

Umumnya film kitosan yang terbuat dari bahan protein dan polisakarida mempunyai nilai transmisi uap air yang tinggi. Hal ini disebabkan karena bahan tersebut merupakan polimer polar dan mempunyai jumlah ikatan hidrogen yang besar, sehingga menghasilkan penyerapan air pada RH tinggi. Akibatnya, penyerapan air tersebut akan mengganggu interaksi rantai intermolekuler, yang kemudian diikuti dengan peningkatan difusifitas dan mampu menyerap uap air dari udara (Krochta *et.al.*, 1994; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008).

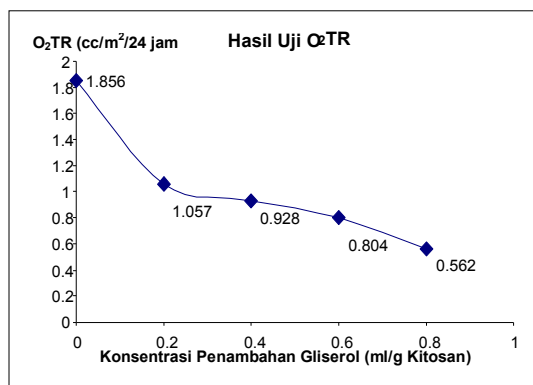
Pengaturan konsentrasi oksigen dalam produk makanan dimaksudkan untuk memperpanjang masa simpan makanan. Oksigen berhubungan dengan berbagai reaksi degradasi yang terjadi dalam makanan seperti ketengikan minyak, pertumbuhan mikroba, reaksi *browning* respirasi dan lain-lain. Oleh karena itu sifat permeabilitas film terhadap oksigen sangat diperlukan.



Gambar 5. Photo SEM Kitosan



Gambar 6. (A) Photo SEM *Edible film* Kitosan tanpa Penambahan Gliserol;
(B) Photo SEM *Edible film* Kitosan dengan Penambahan Gliserol.



Gambar 7. Grafik hasil uji O₂TR

Permeabilitas gas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat alami gas, struktur material, suhu, waktu penyimpanan, RH, penambahan *plasticizer* dan tipe produk yang akan dikemas.

Film kitosan yang terbuat dari protein dan polisakarida mempunyai sifat penghalang yang sangat baik terhadap oksigen (Gontard *et.al.*, 1993; Bourtoom, 2007) karena polisakarida mempunyai gugus hidroksil dalam

jumlah besar, gugus hidroksil tersebut menciptakan interaksi rantai polimer yang kuat sehingga membatasi pergerakan rantai dan menyebabkan permeabilitas oksigen menjadi rendah (Krochta *et.al.*, 1994; Qiu-Ping Zhong *et.al.*, 2008). Penambahan gliserol ke dalam film kitosan akan menurunkan tingkat transmisi oksigen. Hal ini disebabkan karena penambahan gliserol yang bersifat hidrofilik (mempunyai banyak ikatan -OH) dimana ikatan -OH sendiri dikenal memiliki permeabilitas oksigen yang rendah.

Dari hasil percobaan pada penelitian ini, diperoleh nilai permeabilitas oksigen akan cenderung turun sejalan dengan penambahan konsentrasi kitosan dan penambahan gliserol.

Nilai permeabilitas oksigen terendah 0,562 cc/m²/24jam dan nilai tertinggi 1,057 cc/m²/24jam pada perlakuan dengan penambahan gliserol, sedangkan film kitosan tanpa menggunakan gliserol, memiliki nilai permeabilitas oksigen terendah 1,856 cc/m²/24jam.

Formulasi lapisan *edible* dari kitosan yang tepat adalah dengan penambahan gliserol sebesar 0,4 ml/g kitosan (C₂), dimana hal ini dapat dibuktikan pada Tabel 1 (hasil uji sifat fisik dan mekanik lembaran film kitosan). Formulasi C₂ mempunyai nilai *WVTR* dan *O₂TR* yang relatif rendah, sehingga kerusakan produk yang dikemas dapat dihambat. Formulasi ini sangat baik digunakan untuk produk yang rentan terhadap gas O₂.

KESIMPULAN

Penambahan gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer*, berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari *edible film* yang dihasilkan. Penambahan *plasticizer* gliserol menghasilkan *edible film* yang mempunyai nilai ketebalan dan elongasi yang cenderung meningkat, nilai kuat tarik dan laju transmisi oksigen (*O₂TR*) yang cenderung menurun. Nilai laju transmisi uap air (*WVTR*) memiliki nilai minimum sebesar 165,56 g/m²/24 jam.

Penambahan *plasticizer* gliserol dapat memperbaiki sifat fisik/mechanik dari *edible film* dari kitosan, sehingga *edible film* kitosan yang dihasilkan akan dapat lebih aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM. 1995. *Standard Test Methods for Water Vapour Transmission Rate of Materials*. ASTM Book of Standards. E 96-80.

- [2] ASTM. 1989. *Standard Test Methods for Oksigen Gas Transmission Rate of Materials*. ASTM Book of Standards. D2985-81.
- [3] Bourtoom, T. 2007. *Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edible film Prepared From Starches*.
- [4] Bourtoom, T. 2008. *Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties*. *J. Research Int.* Vol 15 (3) : p.237-248.
- [5] Bourtoom, T. 2008. Plasticizer Effect on The Properties of Biodegradable Blend Film from Rice Starch-Chitosan. Songklanakarin, *J. Sci. Technology*. 30 (suppl.1), 149-165. *Int.* Vol 15 (3) : p.237-248.
- [6] Buttler, B. L., P. J. Vergant, R. F. Testin, J. M. Bunn, and J. L. Wiles. 1996. Mechanical Properties Barrier Properties of Edible Chitosan Films as Effected by Composition and Storage. *J. Of Food Sci.* Vol 61 (5) : p.953-961.
- [7] Datsko, J. 1996. *Material Properties and Manufacturing Processes*. John Wiley & Sons. New York.
- [8] Fair, et al. 1971. Dalam Knorr, D. 1982. Functional Properties of Chitin and Chitosan. *J. Food Sci.* 82. (47). 593-595
- [9] Gannadios, A., Weller, C.L., Testin, R.F. 1993. Temperatur Effect on Oxygen Permeability of Edible Protein Based Film. *J. of Food Sci.* 58(1). 212-219.
- [10] Gontard, N., Guilbert, S. 1993. Water and Glycerol as Plasticizers Effect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of Edible Wheat Gluten Film. *J. Food Sci.* 57. 190-195.
- [11] Helmi Harris. 2001. Kemungkinan Penggunaan Edible film dari Pati Tapioka untuk Pengemas Lempuk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. Vol. 3 No. 2 Hal. 99-106
- [12] Hui, Y.H., 2006. *Handbook of Food Science Technology and Engineering*. Vol. I, CRC Press. USA
- [13] Krochta, J.M. 1992. *Control Mass Transfer in Food with Edible Coatings and Films*. Dalam Singh, R.P. and M.A. Wirakartakusumah (eds). *Advances in Food Engineering*. CRP Press, Boca Raton, FL pp 519 – 538.
- [14] Krochta, J.M., Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. Edible coatings and Films to Improve Food Quality. *Technomic Publication*. Co. Inc., USA.
- [15] Mc. Kay, et al. 1987. Desorption of Copper-Chitosan Complex. *Journal Chemical Tech. Biotechnology*, 40: 63 – 74.
- [16] Nadarajah Kandasami, 2005, Disertation, *Development and Characterization of Antimicrobial Edible film from Crawfish Chitosan*, Department of Food Science. Louisiana State University.
- [17] Park, H.J. and M.S. Chinnan. 1995. Gas and Water Vapor Barrier Properties of Edible film From Protein and Cellulosa Materials. *Journal of Food Eng.* Vol 25. p.497.
- [18] Qiu-Ping Zhong and Wen-Shui Xia. 2008. Physicochemical Properties of Edible film and Preservative Film from Chitosan/ Cassava/ Starch/ Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. *J. Food Technol. Biotechnol* 46 (3). p.262-269
- [19] Surdia, T. dan S. Saito. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradya Paramita. Jakarta.