

# EDIBLE FILM KITOSAN DARI LIMBAH UDANG SEBAGAI PENGEMAS PANGAN RAMAH LINGKUNGAN

Nurhayati<sup>1)</sup> dan Agusman<sup>1)</sup>

## ABSTRAK

Dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan, *edible film* kitosan saat ini dikembangkan untuk memaksimalkan pemanfaatan limbah udang dan memperkenalkan penggunaan plastik ramah lingkungan. Kitosan diperoleh melalui proses deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi kitin. Tahap selanjutnya adalah pembuatan *edible film* dengan cara melarutkan kitosan dalam pelarut asam dengan penambahan *plasticizer*, dan dilanjutkan dengan pencetakan dan pengeringan. *Edible film* kitosan ini diaplikasikan sebagai pelapis pada buah-buahan segar, produk daging, sosis, dan produk pangan lainnya. Keunggulan *edible film* kitosan antara lain bersifat *biodegradable*, dapat dimakan, dan memiliki aktivitas anti mikroba.

**ABSTRACT:** *Chitosan edible films of shrimp waste as food packaging, friendly packaging.*  
By: Nurhayati and Agusman

*In an effort to reduce environmental pollution, edible film chitosan has been developed recently to maximize the utilization of shrimp waste and to promote the use of environmentally friendly packaging. Chitosan is obtained through the process of deproteination, demineralization, depigmentation, and deacetylation of chitin. The next phase is dissolving chitosan in acid solvent with addition of plasticizer, followed by printing and drying. Edible chitosan film is applied as a coating on fresh fruits, meat products, sausages and other food products. The advantages of edible chitosan film is its biodegradability, edibility, and anti microbial activity.*

**KEYWORDS:** *shrimp waste, friendly packaging, chitosan, edible film*

## PENDAHULUAN

Pengemas merupakan hal penting yang diperlukan pada suatu produk makanan. Selain untuk melindungi produk dari kontaminasi lingkungan, juga dapat memberikan tampilan yang menarik. Untuk digunakan sebagai kemasan pangan (*food grade*), diperlukan persyaratan kemasan yaitu tanpa adanya pengaruh kontaminasi kemasan terhadap produk yang dikemas, sehingga aman bagi kesehatan manusia (Linssen *et al.*, 2003). Pengemas pangan yang umum digunakan saat ini adalah plastik. Meskipun sangat terjangkau dari segi harga dan memiliki sifat yang fleksibel, tidak korosif, tidak mudah pecah, dan dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain, plastik dapat membahayakan kesehatan dan menimbulkan pencemaran lingkungan. Penggunaan plastik pada makanan yang panas dapat menyebabkan terjadinya peruraian polimer plastik menjadi monomernya yang kemudian dapat bermigrasi ke dalam bahan pangan yang dikemasnya. Plastik juga memiliki sifat fisikokimia yang sangat stabil dan baru dapat terurai dalam rentang waktu 200–400 tahun, bahkan membutuhkan waktu hingga 1.000 tahun untuk dapat terurai secara sempurna (Anon., 2011<sup>a</sup>).

Untuk memenuhi permintaan bahan pengemas yang aman dan ramah lingkungan, maka dikembangkan *edible packaging*. *Edible packaging* merupakan pengemas *biodegradable* dan dapat menjaga kualitas bahan pangan saat mengalami penyimpanan. Terdapat dua jenis *edible packaging* yaitu *edible coating* dan *edible film*. *Edible coating* merupakan pengemas yang digunakan sebagai pelapis (*coating*) makanan semi basah maupun buah-buahan. Sedangkan *edible film* adalah lapisan tipis dan kontinyu berupa interaksi rantai polimer yang menghasilkan agregat polimer yang lebih besar dan stabil.

Salah satu bahan yang berpotensi digunakan untuk *edible packaging* adalah kitosan yang merupakan produk deasetilasi dari kitin dengan cara pemanasan dalam larutan basa. Kitin merupakan biopolimer polisakarida  $[(C_8H_{13}NO_5)_n]$  dengan rantai lurus yang tersusun dari 2000–3000 monomer (2-asetamida-2-deoksi- $\beta$ -D-glukosa) yang terangkai dengan ikatan 1,4- $\beta$ -glikosida. Senyawa kitin ini dapat diubah menjadi kitosan  $[(C_6H_{11}NO_4)_n]$ . Proses penghilangan mineral (demineralisasi) dan penghilangan protein (deproteinasi) merupakan proses penting dalam tahap perolehan kitin, yang selanjutnya

<sup>1)</sup> Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan;  
Email: n\_hay04@yahoo.com

dilakukan proses deasetilasi sehingga diperoleh kitosan. Biopolimer kitosan bersifat mudah terurai, tidak beracun, dan mudah mengalami degradasi secara biologis. Dengan sifatnya yang demikian, maka kitosan dapat diaplikasikan sebagai pengemas ramah lingkungan. Tulisan ini akan memaparkan potensi limbah udang sebagai bahan baku *edible film* kitosan untuk memenuhi kebutuhan pengemas yang ramah lingkungan.

### PROSPEK LIMBAH UDANG SEBAGAI BAHAN BAKU KITOSAN

Salah satu sumber utama perolehan kitosan yaitu dari limbah kulit udang. Widodo (2006) melaporkan bahwa limbah kulit udang mengandung kitin sebesar 15%–20%. Udang merupakan salah satu komoditas perikanan Indonesia yang diperhitungkan di dunia. Pada tahun 2010, produksi udang Indonesia menduduki peringkat ke-4 di dunia setelah China, Thailand, dan Vietnam dengan nilai produksinya adalah China 1.300.000 ton, Thailand 560.000 ton, Vietnam 370.000 ton, dan Indonesia 350.000 ton (FAO, 2010). Sebagian besar produksi udang diekspor dalam bentuk udang beku. Produk udang beku yang umum dipasarkan antara lain *head on*, *head less*, *Head On Shell On* (HOSO), *Head Less Shell On* (HLSO), *Peel Deveined Tail On* (PDTO), *Peel Deveined* (PD), *Peel Undeveined* (PUD), dan *Butterfly* (Gambar 1). Sebagian besar produk udang tersebut menghasilkan limbah berupa kepala dan kulit yang potensial untuk dimanfaatkan.

Produksi udang di Indonesia meningkat tiap tahunnya seiring dengan meningkatnya luas areal

tambak yang digunakan, hal itu terlihat dari data Direktorat Jenderal Budidaya Kelautan dan Perikanan dari tahun 2003 sampai 2009 seperti yang terlihat pada Gambar 2.

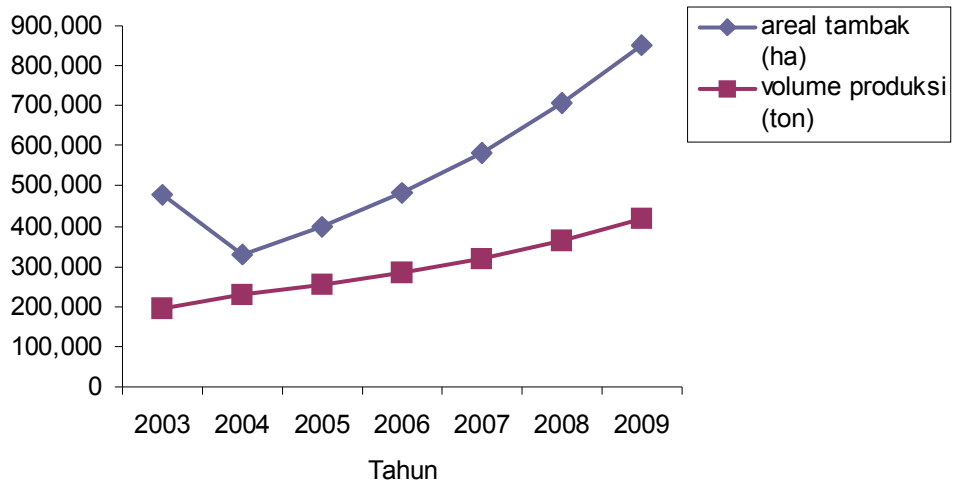
Peningkatan jumlah produksi udang tersebut akan berdampak pada semakin meningkatnya limbah yang dihasilkan. Pada produk udang beku *headless*, limbah yang diperoleh berkisar antara 60–70% dari berat udang yaitu berupa bagian kulit dan kepala. Sedangkan pada udang galah jantan diperoleh limbah padat sebesar 51,4% yaitu berupa karapas 4,64%, kepala 45,10%, kulit 1,66% (Anon., 2011<sup>c</sup>). Perolehan limbah udang ini dapat meningkat seiring dengan peningkatan target produksi udang nasional pada tahun 2014 sebesar 87,25% dari total produksi pada tahun 2010 yaitu mencapai 699.000 ton. Berdasarkan data FAO (2010), di mana produksi udang Indonesia mencapai 350.000 pada tahun 2010, maka dapat diperkirakan terdapat sekitar 210.000–245.000 ton limbah kepala dan kulit udang yang dihasilkan. Swastawati (2008) memperoleh kitosan dari kulit udang dengan rendemen sebesar 15%. Berdasarkan data rendemen tersebut, diperkirakan dapat dihasilkan 31.500–36.750 ton kitosan untuk bahan baku *edible film* kitosan. Dengan adanya pemanfaatan limbah udang sebagai bahan baku *edible film* kitosan, diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah limbah udang dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

### PROSES PEMBUATAN DAN KARAKTERISTIK MUTU KITOSAN

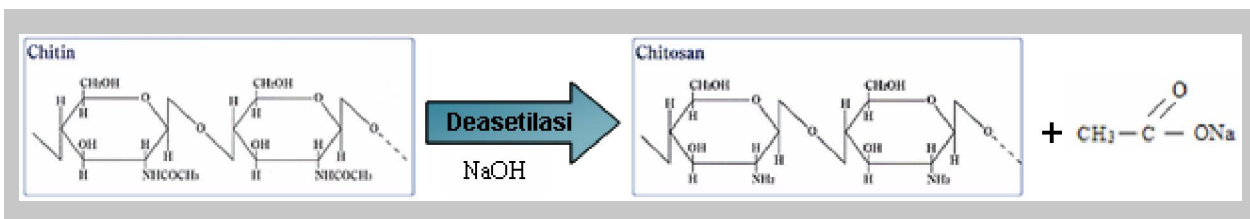
Kitosan merupakan polisakarida turunan kitin yang dapat membentuk *edible film* yang kuat, elastis,



Gambar 1. Jenis produk udang beku yang umum dipasarkan (Anon., 2011<sup>b</sup>).



Gambar 2. Produksi udang dan luas area tahun 2003–2009 (Anon., 2011°).



Gambar 3. Reaksi kimia proses deasetilasi kitin menjadi kitosan.



Gambar 4. Kitosan (Sumber: Agusman & Chamidah, 2010).

fleksibel, dan sulit dirobek (Butler *et al.*, 1996). Tahapan yang dilalui pada proses pembuatan kitosan antara lain proses deproteinasi (penghilangan protein), demineralisasi (penghilangan mineral), dan depigmentasi (penghilangan zat warna atau pemutihan) hingga terbentuk kitin. Tahap selanjutnya adalah proses deasetilasi kitin berupa penghilangan gugus asetil (-COCH<sub>3</sub>) pada gugus asetil amino kitin menjadi gugus amino bebas kitosan dengan menggunakan larutan basa hingga diperoleh biopolimer kitosan (Gambar 3). Larutan basa

konsentrasi tinggi seperti NaOH 50% dapat digunakan untuk deasetilasi kitin sehingga dapat memutuskan ikatan yang kuat antara ion nitrogen dan gugus karboksil. Kitosan murni umumnya bersifat kohesif, kompak, dan memiliki lapisan yang mulus tak berpori dan retak (Coma *et al.*, 2002). Kitosan yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4. Karakteristik mutu kitosan dapat dilihat pada Tabel 1.

Kitosan mudah terbiodegradasi di alam dan bersifat polielektrolit kationik karena mempunyai gugus fungsional berupa gugus amino. Selain gugus

Tabel 1. Sifat dan mutu kitosan

Parameter Pengamatan	Nilai
Ukuran partikel	Serpihan/bubuk <2 mm
Kadar air	< 10,00%
Kadar abu	< 2,00%
Protein	-
Derajat deasetilasi	≥ 70%
Bau	tidak berbau
Warna (larutan)	jernih/putih
Viskositas	Rendah : < 200 cps Medium : 200–799 cps Tinggi : 800–2000 cps Ekstra tinggi : >2000 cps

Sumber: Protan Laboratories Inc. (1987) dalam Agustini & Sedjati (2007).

amino, terdapat juga gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi tersebut menyebabkan kitosan mempunyai kereaktifitas kimia yang tinggi. Gugus fungsi yang terdapat pada kitosan juga memungkinkan untuk modifikasi ikatan kimia yang beraneka ragam termasuk reaksi-reaksi dengan zat perantara ikatan silang, sehingga memungkinkan penggunaannya sebagai bahan campuran bioplastik, yaitu plastik yang dapat terdegradasi dan tidak mencemari lingkungan (Skurtys *et al.*, 2009).

#### **Edible Film Kitosan**

Skurtys *et al.* (2009) mendefinisikan *edible film* sebagai sebagai lapisan tipis yang dapat dikonsumsi dan digunakan sebagai pelapis ataupun penghalang antara makanan dan lingkungan sekitarnya. *Edible film* diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berdasarkan sifat komponen yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lemak (asam lemak, asilgliserol atau malam), dan komposit (campuran hidrokoloid dan lemak). Mekanisme utama pembentukan film pada polisakarida adalah pemutusan segmen polimer dan pembentukan kembali rantai polimer ke dalam matriks lapisan atau gel yang biasanya dicapai dengan penguapan pelarut sehingga menciptakan ikatan hidrogen yang hidrofilik maupun ikatan silang elektrolit dan ionik (Butler *et al.*, 1996).

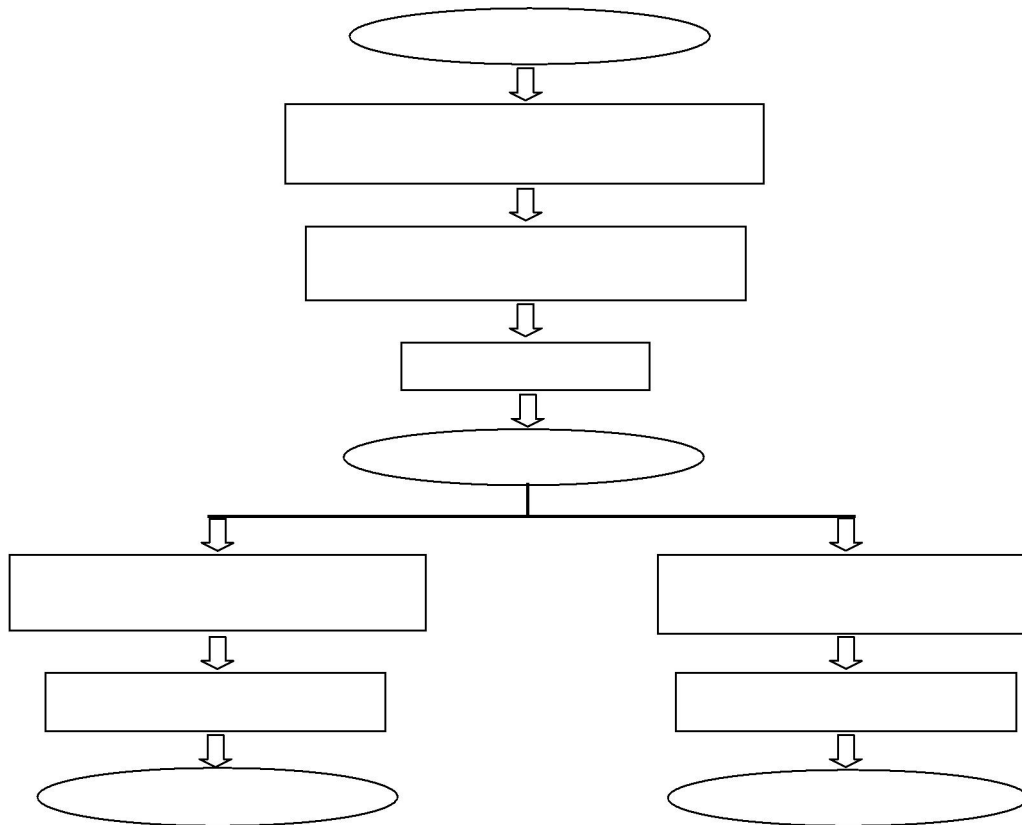
Pembuatan *edible film* kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan dalam pelarut asam. Penggunaan asam pada pelarutan kitosan telah dipelajari oleh Nadarajah *et al.* (2006) yang menggunakan beberapa jenis asam, seperti asam asetat, laktat, formiat, malat, dan propionat dalam pembentukan *edible film*. Namun hanya asam asetat dan formiat yang

menghasilkan film yang fleksibel, transparan, dan sesuai sebagai bahan pengemas. Hal itu disebabkan karena asam laktat dan malat memiliki gugus hidroksil yang lebih banyak sehingga meningkatkan sifat hidrofil pada kitosan. Dengan demikian diketahui bahwa jenis asam sangat berpengaruh terhadap karakteristik film yang dihasilkan. Tahap selanjutnya adalah penambahan beberapa zat aditif (*plasticizer*). Penambahan *plasticizer* ini adalah salah satu tahap yang membedakan proses pembuatan *edible coating* dengan *edible film*. *Edible coating* tidak menggunakan *plasticizer* sedangkan *edible film* menggunakan *plasticizer* yang berfungsi untuk mengurangi kekakuan polimer sehingga diperoleh lapisan yang elastis dan fleksibel. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan partikel yang tidak larut dari larutan kitosan. Pada pembuatan *edible film* kitosan, larutan kitosan kemudian dibentuk menjadi lapisan tipis, dikeringkan, lalu dilepaskan dari cetakan setelah terbentuk lapisan kering. Sedangkan pada pembuatan *edible coating* kitosan, bahan yang akan dilapisi oleh kitosan, seperti ikan segar, dapat langsung dilakukan perendaman dalam larutan kitosan, selanjutnya dikeringkan hingga diperoleh ikan segar yang terlapisi oleh kitosan. Proses pembuatan *edible film* dan *edible coating* kitosan dapat dilihat pada Gambar 5.

#### **KARAKTERISTIK EDIBLE FILM KITOSAN**

##### **Sifat Fisik Edible Film**

Mutu *edible film* dapat dilihat dari sifat fisik yang dimilikinya, antara lain sifat optik, mekanik, laju transmisi uap air, serta sifat penghalang terhadap gas, uap air, dan aroma. *Edible film* yang berkualitas tinggi mempunyai sifat optik berupa warna yang transparan



Gambar 5. Diagram Alir Proses pembuatan *edible coating* dan *edible film* kitosan (Jeon *et al.*, 2002 dan Kittur *et al.*, 1998).

sehingga produk yang dilapisi dapat terlihat. Karakteristik mekanik menunjukkan indikasi integrasi *film* pada kondisi tekanan (*stress*) selama pembentukan *film*. Karakteristik mekanik dari *edible film* yaitu kuat tarik (*tensile strength*), kuat tusuk (*puncture strength*), persen pemanjangan (% *elongation*) dan elastisitas (*elastic modulus/young modulus*) (Skurtys *et al.*, 2009). Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *film* dapat tetap bertahan sebelum putus. Kuat tarik *edible film* kitosan berkisar antara 6–150 kgf/cm<sup>2</sup> (Park *et al.*, 2002). Perbedaan jenis asam dalam pembuatan *edible film* kitosan menghasilkan perbedaan kuat tarik yang diperoleh. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Park *et al.* (2002) yang menyatakan bahwa penggunaan asam asetat menghasilkan kuat tarik terbesar, diikuti oleh asam malat, laktat, dan sitrat. Berat molekul kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat memiliki nilai yang lebih tinggi daripada dalam ketiga larutan asam tersebut. Dalam larutan asam asetat, kitosan menunjukkan bentuk dimer sehingga menghasilkan interaksi antarmolekul yang relatif kuat. Hal ini juga diperkuat oleh Kerch & Korkhov (2010), bahwa kitosan dengan berat molekul tinggi menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan berat molekul rendah. Persen pemanjangan

merupakan ukuran kemampuan *edible film* untuk meregang saat ditarik. Menurut Krochta & Johnston (1997), persen pemanjangan yang baik yaitu lebih dari 50%. Persen pemanjangan *edible film* kitosan berkisar antara 4–118% (Park *et al.*, 2002). Penggunaan variasi asam ternyata menunjukkan hubungan yang terbalik antara persen pemanjangan dengan kuat tarik. *Edible film* yang dibuat dengan asam asetat menghasilkan persen elongasi yang terendah, sedangkan penggunaan asam sitrat menghasilkan nilai tertinggi.

Laju transmisi uap air dan sifat penghalang terhadap gas, uap air, dan aroma merupakan parameter yang juga harus diperhatikan pada penggunaan *edible film* sebagai pengemas pada produk pangan. *Edible film* dapat mencegah penyerapan uap air pada produk pangan. Laju transmisi uap air ini dipengaruhi oleh ketebalan dan sifat bahan yang digunakan. Sedangkan sifat penghalang terhadap gas, uap air, dan aroma sangat tergantung pada komposisi kimia dan struktur dari lapisan pembentuk polimer *edible film*, karakteristik produk, dan kondisi penyimpanan. Selama penyimpanan, konsentrasi gas permukaan dapat berubah sesuai kondisi lingkungan maupun faktor lain yang terjadi pada lingkungan. Perubahan komposisi kimiawi dari permukaan makanan terjadi terutama disebabkan

karena proses metabolisme makanan, respirasi mikroba, kelarutan gas dan permeabilitas dari *edible film*. Metabolisme mikroba bertanggung jawab dalam konsumsi oksigen dan produksi CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, efisiensi *edible film* sangat tergantung pada sifat penghalang terhadap gas, uap air, aroma, dan minyak yang tergantung pada komposisi kimia dan struktur polimer pembentuk lapisan, karakteristik produk, dan kondisi penyimpanan.

*Edible film* yang bagus memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik, kerapuhan yang rendah, kuat, dan tidak retak selama penanganan dan penyimpanan (Barreto *et al.*, 2003). Untuk menghasilkan sifat yang demikian, diperlukan adanya bahan tambahan lain seperti penambahan *plasticizer* pada *edible film*. *Plasticizer* merupakan bahan *non volatile*, bertitik didih tinggi yang jika ditambahkan pada material lain akan merubah sifat fisik dari material tersebut. Penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas, dan menurunkan sifat-sifat *edible film*. *Plasticizer* yang paling umum digunakan adalah polyol (propilena glikol, gliserol, sorbitol, polietilen glikol), oligosakarida (sukrosa), dan air. Penambahan yang diberikan berkisar 10–60% dari berat hidrokoloid tersebut. Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intra molekular (Butler *et al.*, 1996). Namun, penambahan *plasticizer* yang melebihi jumlah tertentu akan menghasilkan film dengan kuat tarik yang lebih rendah.

#### Kelebihan/Keuntungan *Edible Film* Kitosan

*Edible packaging* yang terbuat dari kitosan kini menjadi alternatif dalam pemilihan bahan pengemas pangan. *Edible film* dapat melindungi makanan, mencegah kontaminasi dari mikroorganisme, dan mengurangi transfer gas dan aroma, mencegah hilangnya kualitas makanan karena perpindahan masa (misalnya kelembaban, gas, dan rasa). Selain itu, *edible film* dapat menghalangi transfer minyak, oksigen, dan uap air yang tidak diinginkan dalam produk-produk makanan, sehingga dapat meningkatkan stabilitas dan kualitas makanan. Selain dapat melindungi bahan pangan yang dikemasnya, *edible packaging* juga dapat dimakan, dan terbiodegradasi di alam sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan meminimalkan pembuangan limbah padat.

Selain dapat melindungi dan mencegah kontaminasi produk makanan, kitosan juga dapat mengadsorpsi hara yang digunakan oleh bakteri (Darmadji & Izumimoto, 1994), dan mampu mengikat air dan menghambat sistem enzim beberapa bakteri. Dengan demikian, kitosan dapat memperpanjang umur

simpan produk dan mengurangi risiko pertumbuhan patogen pada permukaan makanan. Selain itu, *edible film* kitosan juga aman untuk digunakan karena prosesnya pembuatannya yang hanya dengan pelarutan dalam asam asetat encer (1%).

#### APLIKASI *EDIBLE FILM* KITOSAN SEBAGAI PENGEMAS PANGAN

Sampai saat ini, penggunaan kitosan sebagai pengemas sudah semakin berkembang. Kitosan baik dalam sebagai *edible film* maupun *edible coating* telah banyak diaplikasikan pada produk pangan. Produk makanan laut sangat rentan terhadap penurunan kualitas yang disebabkan oleh oksidasi karena tingginya asam lemak tak jenuh, yang juga dipercepat dengan kehadiran senyawa hematin berkonsentrasi tinggi dan ion logam dalam otot ikan (Decker, *et al.* 1992). Selain itu, kualitas *seafood* juga dipengaruhi oleh autolisis, kontaminasi oleh mikroorganisme, dan hilangnya protein fungsional. Autolisis pada ikan menghasilkan pembentukan peptida dan asam amino bebas yang sesuai sebagai nutrisi bagi pertumbuhan mikroba dan menghasilkan amina biogenik, yang diketahui berpengaruh pada daging ikan (Gill, 1990). Oleh karena itu, No *et al.* (2007) menggunakan kitosan sebagai bahan pengawet dan *edible coating* sehingga efektif untuk mencegah kerusakan kualitas dan memperpanjang umur simpan produk pangan tersebut. Swastawati (2008) juga menggunakan kitosan dari limbah kulit udang menjadi *edible coating* pada pindang ikan layang. Penggunaan *edible coating* kitosan tersebut diketahui dapat menghambat laju pertumbuhan bakteri dan menambah daya awet produk perikanan.

Pada pengolahan ikan beku, terdapat kendala berupa potensi terjadinya dehidrasi dan *freeze burning* selama pembekuan. Dehidrasi merupakan suatu kondisi hilangnya kandungan air di dalam ikan. *Freeze burning* dapat terjadi akibat dari dehidrasi. Dehidrasi mengakibatkan turunnya berat, berubahnya sifat fisik produk, dan jaringan menjadi kering dan keras (Hui *et al.*, 2004). Pada produk berlemak, dehidrasi yang diikuti dengan terbukanya struktur jaringan dapat mempercepat proses oksidasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pengemas *edible* dapat digunakan sebagai *coating* dalam penanganan produk ikan beku. *Edible film* juga banyak digunakan untuk pengemasan produk buah-buahan segar yaitu untuk mengendalikan laju respirasi. Demikian pula halnya *edible coating* yang juga banyak digunakan pada produk pangan lain seperti produk daging dan ayam beku, sosis, dan pangan semi basah.

## PENUTUP

Limbah pengolahan udang mengandung kitin yang merupakan bahan dasar pembuatan kitosan. Dengan meningkatnya permintaan akan pengemas pangan yang dapat menjaga kualitas pangan serta dapat terdegradasi di alam, maka kitosan dapat menjadi alternatif bahan dasar pengemas pangan. Penggunaan kitosan sebagai bahan pembuat *edible film* didukung oleh jumlah produksi udang Indonesia yang menduduki peringkat ke-4 di dunia yaitu sebesar 350.000 ton pada tahun 2010. Mengingat limbah pengolahan udang yang jumlahnya sekitar 60-70% dari berat total udang, maka diperkirakan terdapat sekitar 210.000 – 245.000 ton limbah udang yang tersedia. Pemanfaatan limbah udang sebagai bahan baku *edible film* kitosan diharapkan dapat meminimalkan jumlah limbah perikanan serta mendapatkan bahan pengemas yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusman dan Chamidah, A. 2010. Pengaruh Pencampuran Asam Asetat (CH<sub>3</sub>COOH) dan Asam Sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) Sebagai Pelarut Terhadap Sifat Edible Film Kitosan. *Prosiding Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*.
- Agustini, T.W. dan Sedjati, S. 2007. The Effect of Chitosan Concentration and Storage Time on the Quality of Salted-Dried Anchovy (*Stolephorus heterolobus*). *J. Coastal Development*. 10 (2): 63-71.
- Anonim. 2011a. Sampah Plastik Timbulkan Banyak Masalah. <http://www.harianpelita.com>. Diakses pada tanggal 2 April 2011.
- Anonim. 2011b. Frozen Shrimp Product. <http://www.skmseafood.com/pages/frozenshrimp>. Diakses pada tanggal 23 Mei 2011.
- Anonim. 2011c. Budidaya Udang Galah di Balai Budidaya Air Tawar. <http://Bbat-Sukabumi.Tripod>. Diakses pada tanggal 1 April 2011.
- Barreto, P.L.M., Pires, A.T.N., Soldi, V. *Polym. Degrad. Stabil.* 2003, 79: 147–152.
- Butler, B.L., Vernago, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.M., and Wiles, J.L. 1996. Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by Composition and Storage. *J. Food Science*. 61(5) : 953-955.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., and Deschamps, A. 2002. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. *J. Food Science*. 67: 1162–1169.
- Darmadji P. and M. Izumimoto. 1994. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat science*, 38: 243-254.
- Decker, E. A, Hultin, H.O. 1992. Lipid oxidation in muscle foods via redox iron. In lipid oxidation in food; St. Angelo, A. J., Ed.; ACS Symposium series 500; American Chemical Society; Washington, DC: 33-54
- FAO, 2010. FAO Rates RI as World's Fourth Biggest Shrimp Producer. <http://www.embassyofindonesia.org/news..> Diakses pada tanggal 1 April 2011.
- Gill T.A. 1990. *Objective analysis of seafood quality*, Food Rev. Int. 6: 681-714
- Hui, Y. H., P. Cornillon, I. G. Lagaretta, Miang H. Lim, K. D. Murrel, Wai-Kit Nip. 2004. *Handbook of Frozen Foods*. Macell Dekker, New York.
- Jeon, Y.J., Y.V.A. Kamil and F. Shahidi. 2002. Chitosan as Edible Invisible Film for Quality Preservation of Herring and Atlantic Cod. *J. Agric. Food. Chem.* 50: 5167-5178.
- Kerch, G and Korkhov, V. 2010. Effect of storage time and temperature on structure, mechanical and barrier properties of chitosan-based films. *Springer. Eur Food Res Technol*.
- Kittur, F.S., Kumar, K.R., Tharanathan, R.N. 1998. Functional packaging properties of chitosan films. *Springer-Verlag*.
- Krochta, J.M. and Johnston, C.M. 1997. Edible and biodegradable polymer films. *J. Food Technology*. 51 (2): 61-74.
- Linssen, J.P.H., van Willige, R.W.G., and Dekker, M. Packaging-flavour Interactions. Dalam Ahvenainen, R. 2003. *Novel Food Packaging Techniques. Woodhead Publishing Limited*.
- Nadarajah, K., W. Prinyawiwatkul, H.K. No, S. Sathivel, and Z, Xu. 2006. *Sorption Behavior of crawfish chitosan films as affected by chitosan extraction processes and solvent type*. 71 (2): 33-39.
- No, H. K., S.P. Meyers, W. Prinyawiwatkul, and Z. Xu. 2007. Applications of Chitosan for Improvement of Quality and shelf Life of Foods: A Review. *J. Food Science* 72. No. 5 p87-98.
- Park, S.Y., Marsh, K.S. and Rhim, J.W. 2002. Characteristics of different molecular weight chitosan films affected by the type of organic solvents. *J. Food Science*. 67(1): 194-197.
- Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., & Aguilera J.M. 2009. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile. Chile. pp 34.
- Swastawati, F. 2008. *Pemanfaatan limbah kulit udang menjadi edible coating untuk mengurangi pencemaran lingkungan*. Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro. 4 (4): 101-106
- Widodo, A. 2006. *Potensi Kitosan dari Sisa Udang sebagai Koagulan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).