

TEKNOLOGI PRODUKSI DAN APLIKASI PENGEMAS *EDIBLE* ANTIMIKROBA BERBASIS PATI

Production Technology and Application of Starch Based- Antimicrobial Edible Package

Christina Winarti, Miskiyah, dan Widaningrum

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jalan Tentara Pelajar No 12, Bogor 16114, Telp. (0251) 8321762, 8350920, Faks. (0251) 8321762
E-mail: bb_pascapanen@litbang.deptan.go.id

Diajukan: 23 Oktober 2011; Diterima: 02 Juli 2012

ABSTRAK

Pengemasan dengan *edible coating/film* merupakan salah satu teknik pengawetan pangan yang relatif baru. Penelitian tentang pelapisan produk pangan dengan *edible coating/film* telah banyak dilakukan dan terbukti dapat memperpanjang masa simpan dan memperbaiki kualitas produk pangan. Materi polimer untuk *edible coating/film* yang paling aman, potensial, dan sudah banyak diteliti adalah yang berbasis pati-patian. Pati merupakan salah satu jenis polisakarida dari tanaman yang tersedia melimpah di alam, bersifat mudah terurai (*biodegradable*), mudah diperoleh, dan murah. Penggunaan pengemas *edible* berbasis pati dengan penambahan bahan antimikroba merupakan alternatif yang baik untuk meningkatkan daya tahan dan kualitas bahan selama penyimpanan. Karakteristik fisik dan mekanis pengemas *edible* akan berubah dengan penambahan bahan antimikroba. Selain bersifat sebagai antimikroba, komposit pati dengan bahan yang bersifat hidrofobik seperti kitosan akan memperbaiki karakteristik mekanis *edible film* karena bersifat hidrofobik.

Kata kunci: Pengemas, *edible coating*, film, pati, antimikroba

ABSTRACT

Edible packaging is a relatively new technology for food preservation. Many researches on edible coating/film had been conducted and this technology proved to prolong storage life and improve quality of food products. Potential polymer material for edible coating/film already studied was polysaccharides based. Starch is one of polysaccharides in nature that has biodegradable properties, easy to find, and cheap. Starch-based edible packaging added with antimicrobial material was potential to improve shelf-life and quality of food products during storage. Physical and mechanical characteristics of edible coating/film would be changed with addition of antimicrobial material. Beside having antimicrobial properties, starch composite with hydrophobic materials like chitosan could improve mechanical properties of edible coating/film due to its hydrophobic characteristic.

Keywords: Packaging, edible coating, film, starch, antimicrobial

PENDAHULUAN

Kesadaran masyarakat yang semakin tinggi akan pentingnya konsumsi makanan yang sehat dan aman serta kepedulian terhadap lingkungan, membuka peluang bagi penerapan teknologi pengawetan pangan, antara lain melalui pengemasan dengan *edible coating/film*. Perbedaan antara *edible coating* dan *edible film* adalah *coating* diaplikasikan dan dibentuk secara langsung pada permukaan bahan pangan, sementara *film* adalah lapisan tipis yang diaplikasikan setelah sebelumnya dicetak dalam bentuk lembaran (Guilbert *et al.* 1996).

Penelitian mengenai pelapisan produk pangan dengan *edible coating/film* telah banyak dilakukan dan terbukti dapat memperpanjang masa simpan dan memperbaiki kualitas produk. Materi polimer untuk *edible coating/film* yang paling potensial dan sudah banyak diteliti adalah yang berbasis pati-patian.

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang tersedia melimpah di alam, bersifat mudah terurai (*biodegradable*), mudah diperoleh, dan murah. Sifat-sifat pati juga sesuai untuk bahan *edible coating/film* karena dapat membentuk film yang cukup kuat. Namun, *edible film* berbasis pati mempunyai kelemahan, yaitu resistensinya terhadap air rendah dan sifat penghalang terhadap uap air juga rendah karena sifat hidrofilik pati dapat memengaruhi stabilitas dan sifat mekanisnya (Garcia *et al.* 2011). Rendahnya stabilitas film akan memperpendek daya simpan sehingga kurang optimal karena uap air dan mikroba yang masuk melalui film akan merusak bahan pangan. Untuk meningkatkan karakteristik fisik maupun fungsional dari film pati, perlu dilakukan penambahan biopolimer atau bahan lain, antara lain bahan yang bersifat hidrofobik dan atau yang memiliki sifat antimikroba. Salah satu biopolimer hidrofobik yang direkomendasikan untuk memperbaiki karakteristik film dari pati sekaligus mempunyai aktivitas antimikroba adalah kitosan (Chillo *et al.* 2008).

Kemasan antimikroba merupakan suatu kemasan yang dapat menghentikan, menghambat, mengurangi

atau memperlambat pertumbuhan mikroorganisme patogen pada makanan dan bahan kemasan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *edible coating/film* dapat berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) aditif makanan, seperti bersifat sebagai agens antipencoklatan, antimikroba, pewarna, pemberi *flavor*, nutrisi, dan bumbu (Li dan Barth 1998; Pranoto et al. 2005; Rojas-Grau et al. 2009).

Penggunaan bahan antimikroba alami cenderung meningkat karena konsumen semakin peduli terhadap kesehatan dan potensi bahaya dari pengawet sintetis (Suppakul et al. 2003). Beberapa jenis bahan antimikroba yang dapat ditambahkan ke dalam pengemas *edible* antara lain adalah rempah-rempah dalam bentuk bubuk maupun minyak atsiri seperti kayu manis, lada, cengkih, oregano (Rojas-Grau et al. 2007; Kechichian et al. 2010), minyak basil (Suppakul et al. 2003), minyak serai (Maizura et al. 2007), bawang putih (Pranoto et al. 2005), dan komponen minyak atsiri (Rojas-Grau et al. 2007). Bahan aktif minyak atsiri seperti karvakrol, sinamaldehyda, dan sitral memiliki sifat antimikroba yang kuat (Massilia et al. 2008).

Penggunaan bahan-bahan alami dalam pengemas *edible* berbahan baku polimer alami akan mengurangi limbah plastik yang berasal dari polimer sintetis sehingga mengurangi kerusakan lingkungan. Tulisan ini menyajikan teknologi produksi, karakteristik, aplikasi, dan tantangan dalam pengembangan pengemas *edible* antimikroba untuk memperpanjang masa simpan produk pangan.

KELEBIHAN DAN KELEMAHAN EDIBLE COATING BERBASIS PATI

Golongan polisakarida yang banyak digunakan sebagai bahan pembuatan *edible coating* adalah pati dan turunannya, selulosa dan turunannya (metil selulosa, karboksil metil selulosa, hidroksi propil metil selulosa), pektin ekstrak ganggang laut (alginat, karagenan, agar), gum (gum arab, gum karaya), xanthan, dan kitosan (Gennadios dan Weller 1990). Aplikasi polisakarida biasanya dikombinasikan dengan beberapa pangan fungsional seperti resin, *plasticizers*, surfaktan, minyak, lilin (*waxes*), dan *emulsifier* yang memiliki fungsi memberikan permukaan yang halus dan mencegah kehilangan uap air (Krochta et al. 1994).

Pati terdiri atas dua jenis polimer, yakni rantai lurus D-glukan amilosa dan rantai bercabang amilopektin. Kedua jenis polimer tersebut memiliki sifat yang berbeda dalam pembentukan gel dan kristal. Amilosa dan amilopektin secara fisik membentuk ikatan silang inter- dan intramolekul untuk membentuk jaringan makromolekul yang lebih besar pada pembuatan gel (Maizura et al. 2007). Ikatan-ikatan silang yang terdapat pada jaringan makromolekul pati terutama dibentuk dari domain

mikrokristal amilosa, yang berkontribusi pada kekuatan dan daya peregangan yang tinggi pada *film* yang dihasilkan (Rindlay-Wastling et al. 1998).

Edible coating/film yang dibuat dari polisakarida (karbohidrat), protein, dan lipid memiliki banyak keunggulan seperti *biodegradable*, dapat dimakan, *bio-compatible*, penampilan yang estetik, dan kemampuannya sebagai penghalang (*barrier*) terhadap oksigen dan tekanan fisik selama transportasi dan penyimpanan. *Edible coating/film* berbahan dasar polisakarida berperan sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas O₂ dan CO₂ sehingga dapat menurunkan tingkat respirasi pada buah dan sayuran (Krochta et al. 1994). Aplikasi *coating* polisakarida dapat mencegah dehidrasi, oksidasi lemak, dan pencoklatan pada permukaan serta mengurangi laju respirasi dengan mengontrol komposisi gas CO₂ dan O₂ dalam atmosfer internal. Keuntungan lain *coating* berbahan dasar polisakarida adalah memperbaiki *flavor*, tekstur, dan warna, meningkatkan stabilitas selama penjualan dan penyimpanan, memperbaiki penampilan, dan mengurangi tingkat kebusukan (Krochta et al. 1994).

Selain keunggulan, *edible coating/film* memiliki kelemahan. Film dari pati, misalnya, mudah rusak/sobek karena resistensinya yang rendah terhadap air dan mempunyai sifat penghalang yang rendah terhadap uap air karena sifat hidrofilik dari pati (Garcia et al. 2011). Sifat mekanik lapisan film dari pati juga kurang baik karena mempunyai elastisitas yang rendah. Untuk meningkatkan karakteristiknya, biasanya pati dicampur dengan biopolimer yang bersifat hidrofobik atau bahan tahan air seperti kitosan.

PENGEMAS EDIBLE ANTIMIKROBA

Edible film yang bersifat antimikroba berpotensi dapat mencegah kontaminasi patogen pada berbagai bahan pangan yang memiliki jaringan (daging, buah-buahan, sayuran). Kombinasi antimikroba dengan pengemas film untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba pada makanan dapat memperpanjang masa simpan dan memperbaiki mutu pangan (Quintavalla dan Vicini 2002).

Jenis bahan antimikroba yang dapat ditambahkan ke dalam matriks *edible coating/film* antara lain adalah minyak atsiri, rempah-rempah dalam bentuk bubuk atau oleoresin, kitosan, dan bakteriosin seperti nisin. Bahan antimikroba dari senyawa kimia antara lain adalah asam organik seperti asam laktat, asetat, malat, dan sitrat, serta sistem laktoperoksidase yang merupakan antimikroba alami yang terdapat dalam susu dan saliva dari mamalia (Campos et al. 2011).

Metode yang sering digunakan adalah penambahan/inkorporasi bahan antimikroba ke dalam *edible film*. Bahan antimikroba yang digunakan pada makanan seperti asam-asam organik, bakteriosin, enzim, alkohol, dan asam lemak serta ekstrak rempah atau minyak atsiri, seperti

minyak kayu manis, daun serai, cengkih, dan bawang putih telah diteliti aktivitas antibakterinya. Penambahan bahan alami seperti oregano, *rosemary*, dan minyak bawang putih ke dalam *edible film* untuk mencegah pertumbuhan mikroba telah diteliti oleh Pranoto *et al.* (2005) serta Seydim dan Sarikus (2006). Bahan aktif tersebut ditambahkan ke dalam matriks bahan pengemas, baik dalam bentuk bubuk, ekstrak/oleoresin maupun minyak atsirinya. Sementara kitosan biasanya ditambahkan dalam matriks atau dilapiskan pada lapisan *film* (Vasconez *et al.* 2009; Lin *et al.* 2010).

Keuntungan penambahan bahan aktif antimikroba ke dalam *edible coating* adalah meningkatkan daya simpan. Selain itu, sifat penghalang yang berasal dari lapisan film yang diperkuat dengan komponen aktif antimikroba dapat menghambat bakteri pembusuk dan mengurangi risiko kesehatan. Penggunaan bahan antimikroba dari bahan alami juga lebih aman dibanding bahan antimikroba sintesis. Penggunaan bahan antimikroba yang diaplikasikan secara langsung pada permukaan buah akan dinetralkan oleh komponen yang ada dalam buah (Rojas-Grau *et al.* 2009). Kelemahan penggunaan antimikroba alami adalah dapat memengaruhi rasa karena *flavor* minyak atsiri yang sangat kuat.

Minyak Atsiri

Beberapa penelitian tentang pembuatan *edible film* antimikroba telah dilakukan. *Film* antimikroba alginat yang ditambah minyak bawang putih 0,4% v/v menggunakan metode difusi agar, menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus cereus*. Penambahan minyak bawang putih konsentrasi 0,3% dan 0,4% v/v memberikan perubahan yang nyata pada kuat tarik dan daya memanjang film (Pranoto 2005).

Edible film pati sagu yang ditambah minyak atsiri daun serai (konsentrasi 0,4%) sebagai bahan antimikroba mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* O157: H7 dan *Salmonella enteritidis*, namun film tersebut tidak menunjukkan zona hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Maizura *et al.* 2008). Beberapa hasil penelitian aktivitas kemasan *edible* antimikroba bahan aktif minyak atsiri ditampilkan pada Tabel 1.

Secara umum, minyak atsiri memiliki sifat antibakteri yang kuat terhadap patogen penyebab penyakit yang terdapat pada makanan (*foodborne pathogen*). Hal ini karena minyak atsiri mengandung senyawa fenolik dalam konsentrasi tinggi seperti *carvacrol*, *eugenol*, dan *thymol*, yang memiliki sifat antioksidan dan antimikroba. Komponen minor dalam minyak serai seperti *nerol*, *borneol*, *linalool*, *sinamaldehyde*, *carvacrol*, *geraniol*, *myrtenal*, dan *eugenol* juga bersifat antimikroba (Maizura *et al.* 2007).

Mekanisme minyak atsiri dalam menghambat antimikroba dapat melalui beberapa cara, antara lain 1) mengganggu komponen penyusun dinding sel, 2) bereaksi dengan membran sel sehingga meningkatkan permeabilitas dan menyebabkan kehilangan komponen penyusun sel, dan 3) menonaktifkan enzim esensial yang menghambat sintesis protein dan kerusakan fungsi materi genetik. Pada minyak atsiri, mekanisme antimikroba yakni dengan cara mengganggu membran sitoplasma mikroba, memotong jalannya daya motif proton, aliran elektron, dan transpor aktif, dan atau mengkoagulasi isi sel (Burt 2004).

Kitosan

Kitosan merupakan senyawa polimer yang dihasilkan dari ekstraksi hewan bercangkang keras (krustasea).

Tabel 1. Hasil penelitian aktivitas kemasan *edible* antimikroba berbahan aktif minyak atsiri.

Bahan baku	Jenis minyak atsiri	Konsentrasi (%)	Jenis mikroba	Aktivitas penghambatan	Referensi
Pati sagu-alginat	Minyak serai	0,4 0,4	<i>E. coli</i> <i>S. enteridis</i>	94,0 ± 2,0 mm 61,7 ± 2,4 mm	Maizura <i>et al.</i> (2007)
Alginat	Bawang putih	0,4 0,4	<i>S. aureus</i> <i>B. cereus</i>	46,58 mm 51,42 mm	Pranoto <i>et al.</i> (2005)
Alginat-puree apel	Minyak oregano, kayu manis, serai	–	<i>E. coli</i>	Membunuh 50% bakteri	Rojas-Grau <i>et al.</i> (2007)
Pati	Minyak serai, cengkih, kayu manis, sitral, sinamaldehyde, eugenol	0,7 0,5	<i>E. coli</i>	Turun log 4 cfu/g	Rojas-Grau <i>et al.</i> (2008)
Alginat	Minyak kayu manis, palmarosa, serai	0,3	<i>S. enteridis</i>	Efektif	Massilia <i>et al.</i> (2008)
Tapioka	Bubuk rempah-rempah		Kapang dan yeast	Efektif	Kechichian <i>et al.</i> (2010)

Pencampuran kitosan ke dalam komposit akan semakin meningkatkan karakteristiknya selain efisiensi biaya (Sorrentino *et al.* 2007).

Kitosan telah banyak digunakan sebagai bahan pembuat *biodegradable film* dan pengawet pangan yang tahan terhadap mikroba. Sifat antibakteri kitosan berasal dari struktur polimer yang mempunyai gugus amin bermuatan positif, sedangkan polisakarida lain umumnya bersifat netral atau bermuatan negatif (Angka dan Suhartono 2000). Gugus amin kitosan dapat berinteraksi dengan muatan negatif suatu molekul seperti protein dari mikroba.

Kitosan memiliki sifat antimikroba dengan spektrum yang luas, baik terhadap bakteri, jamur maupun kapang. Mekanisme kitosan dalam menghambat mikroba dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu 1) interaksi dengan menghambat membran sel, 2) inaktivasi enzim-enzim, dan 3) perusakan bahan-bahan genetik mikroba. Aktivitas antimikroba kitosan bergantung pada derajat deasetilasi, berat molekul, pH media, suhu, dan komponen lain (Vasconez *et al.* 2009).

Sifat antibakteri kitosan antara lain berasal dari struktur polimer yang mempunyai gugus amin bermuatan positif, sedangkan polisakarida lain umumnya bersifat netral atau bermuatan negatif (Angka dan Suhartono 2000). Gugus amin kitosan dapat berinteraksi dengan muatan negatif suatu molekul seperti protein dari mikroba yang menyebabkan bocornya protein dan struktur intraseluler dari mikroba (Shahidi *et al.* 1999).

Umumnya kitosan mempunyai efek bakterisidal lebih kuat terhadap bakteri gram positif seperti *Listeria monocytogenes*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, dan *Lactobacillus bulgaricus*, dibandingkan dengan bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Salmonella typhimurium*, dengan konsentrasi kitosan yang dibutuhkan 0,1% (No *et al.* 2002). Kitosan sebagai komponen larutan *coating* akan lebih efektif sebagai

pengawet, sementara bila dicampurkan dalam media *film*, kitosan akan terjatuh di dalam matriks sehingga aktivitas mikroba menurun (Pranoto *et al.* 2005; Chi *et al.* 2006). Beberapa hasil penelitian efektivitas antimikroba kitosan ditampilkan pada Tabel 2.

Zheng dan Zhu (2003) melaporkan perbedaan mekanisme penghambatan antimikroba terhadap bakteri gram positif dan negatif. Aktivitas antimikroba pada bakteri gram positif (*S. aureus*) meningkat dengan bertambahnya berat molekul (BM) kitosan. Pada bakteri gram negatif (*E. coli*), peningkatan aktivitas antimikroba justru terjadi pada BM rendah. Hal tersebut disebabkan adanya perbedaan mekanisme aktivitas antimikroba. Pada *S. aureus*, kitosan pada permukaan sel dapat membentuk membran polimer, sedangkan pada *E. coli*, kitosan dengan BM rendah akan memasuki sel melalui pervasi. Chung dan Chen (2008) menyatakan bahwa mekanisme inaktivasi *E. coli* oleh kitosan berlangsung melalui dua tahap, yaitu terjadinya pemisahan dinding sel dari membran sel, kemudian diikuti perusakan membran sel.

Sri Hadi (2008) melaporkan bahwa penambahan kitosan 1% dengan ekstrak bawang putih mampu meningkatkan penghambatan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus cereus*, dengan zona penghambatan yang lebih besar dibandingkan tanpa penambahan ekstrak bawang putih. Pada bakso, penambahan kitosan pada *edible coating* dapat mempertahankan umur simpan selama 12 jam, sedangkan bakso yang diberi perlakuan *edible coating* umur simpannya 24 jam.

PEMBUATAN EDIBLE FILM

Pembuatan *edible film* berbasis pati dilakukan dengan mencampur pati alami maupun pati termodifikasi dengan bahan-bahan tambahan seperti *plasticizer*, minyak (lipida), dan bahan lainnya, termasuk bahan aktif/antimikroba. Karakteristik fisikokimia pati sagu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Penelitian aktivitas antimikroba *edible coating* berbasis pati dan kitosan.

Bahan baku edible film	Konsentrasi kitosan (%)	Jenis mikroba	Efektivitas	Referensi
Pati-kitosan	1,0	<i>Lactobacillus</i> spp. <i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Kurang efektif Efektif	Vasconez <i>et al.</i> (2009)
Kitosan	–	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>B. cereus</i>	–	Pranoto <i>et al.</i> (2005)
Pati jagung-kitosan	75:50	<i>E. coli</i>	–	Liu <i>et al.</i> (2009)
Kitosan	1,0	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>B. subtilis</i>	Efektif (14, 12, 15 mm)	Tripathi <i>et al.</i> (2009)
Kitosan	0,1	<i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. fluorescens</i>	100% membunuh bakteri	Kanatt <i>et al.</i> (2008)

Tabel 3. Sifat fisiko kimia pati sagu.

Parameter	Kisaran nilai
Kadar pati (%)	50–65
Kadar amilosa (%)	20–30
Rasio amilosa : amilopektin	27:73
Bentuk granula	Elips
Ukuran granula (μm)	20–60
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	60–72

Sumber: Wirakartakusumah *et al.* (1986).

Proses produksi *edible film* berbasis pati sagu dengan penambahan antimikroba dimulai dengan mendispersikan pati dengan akuades, kemudian dipanaskan dan ditambahkan bahan aditif seperti *plasticizer* atau lipida. Pemanasan dilanjutkan sampai bahan tergelatinisasi, kemudian suhu diturunkan lalu ditambahkan bahan antimikroba (Miskiyah *et al.* 2009). Aplikasi pada bahan umumnya dilakukan dengan pencelupan, pelapisan (*wrapping*) atau penyemprotan, selanjutnya bahan dikeringanginkan dan disimpan.

Untuk *edible film* berbasis kitosan, proses produksinya dimulai dengan membuat suspensi kitosan lalu ditambahkan asam laktat atau asetat dan diaduk secara konstan dengan *stirrer* selama 3 jam pada suhu kamar. Selanjutnya ke dalam larutan ditambahkan surfaktan. Untuk membuat film kombinasi pati-kitosan, pati didispersikan kemudian dipanaskan sampai tergelatinisasi sempurna lalu didinginkan sampai suhu kamar dan dicampurkan pada larutan kitosan dengan pengadukan selama beberapa jam. Rasio antara pati dan kitosan berkisar antara 1:1 dan 1:3 (Stanescu *et al.* 2011).

Proses pelapisan untuk mendapatkan bentuk lapisan film dilakukan dengan perataan pada permukaan plat kaca atau teflon berbentuk persegi kemudian gas dihilangkan (*degassing*) lalu dikeringkan. Untuk *edible film* berbasis pati, pengeringan dilakukan pada suhu 50°C selama 24 jam, sedangkan untuk *edible film* berbasis kitosan dibiarkan pada suhu kamar selama 72 jam (Stanescu *et al.* 2011).

Bahan Tambahan Penyusun *Edible Coating/Film*

Salah satu kelebihan *edible coating/film* adalah dapat ditambahkan bahan tambahan fungsional untuk meningkatkan efektivitasnya. Secara umum, bahan tambahan terdiri atas dua golongan, yaitu bahan untuk meningkatkan fungsi *coating* seperti *plasticizer* dan *emulsifier*, dan bahan untuk meningkatkan kualitas, stabilitas, dan keamanan seperti bahan antimikroba, antioksidan, nutrasetikal, *flavor*, dan pewarna (Lin dan Zhao 2007).

Jenis *plasticizer* yang biasanya ditambahkan antara lain adalah gliserin, trietilen glikol, gliserol, asam lemak, dan monogliserin yang diasetilasi. Penambahan gliserol membuat film lebih mudah dicetak karena gliserol berfungsi sebagai *plasticizer*. Selain dapat mengurangi kerapuhan, *plasticizer* mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan film, terutama jika disimpan pada suhu rendah (Kester dan Fennema 1989).

Gliserol efektif sebagai *plasticizer* karena mampu mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul sehingga melunakkan struktur *film*, meningkatkan mobilitas rantai biopolimer, dan memperbaiki sifat mekanik *film*. Gliserol bersifat humektan dan aksi *plasticizing* gliserol berasal dari kemampuannya dalam menahan air pada *edible coating* (Lieberman dan Gilbert 1973). Penambahan gliserol dalam pembuatan *edible film* akan meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut. Penambahan *plasticizer* gliserol berpengaruh terhadap kehalusan permukaan film. Hal ini karena selain sebagai *plasticizer*, gliserol juga membantu kelarutan pati sehingga terbentuk ikatan hidrogen antara gugus OH pati dan gugus OH dari gliserol, yang meningkatkan sifat mekanik (Yusmarlela 2009). Bertambahnya jumlah gliserol dalam campuran pati-air mengurangi nilai tegangan dan perpanjangan (*elongation*). Kandungan gliserol yang rendah juga mengurangi kuat tarik *edible film* (Larotonda *et al.* 2004).

Selain gliserol, ke dalam formula *edible film* perlu ditambahkan minyak untuk memperbaiki hidrofobisitas agar *film* tidak terlalu lengket. Minyak yang dapat digunakan antara lain minyak biji bunga matahari. Harris (1999) membuat *edible film* dari pati dengan menambahkan gliserol 3%, karboksimetilselulosa 1%, dan lilin lebah 0,5% dengan pati dari ubi kayu, aren, dan sagu.

Bahan tambahan lain yang dapat ditambahkan untuk memperbaiki karakteristik *edible film* adalah antioksidan, antipencoklatan, atau bahan pengawet seperti natrium benzoat atau bahan aktif nutrasetikal, *flavor*, dan pewarna (Baldwin *et al.* 1996; Lee *et al.* 2003). Polimer yang dapat dikombinasikan dengan pati selain kitosan adalah pektin, alginat, gelatin atau senyawa protein seperti isolat protein kedelai, natrium kaseinat, dan isolat protein *whey*.

Nanopartikel pada *Edible Coating/Film*

Teknologi terbaru yang dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas penyimpanan adalah penambahan materi berukuran nano (nanopartikel) ke dalam formula *film* yang menghasilkan nanokomposit. Bahan nanopartikel yang bersifat antimikroba dan dapat ditambahkan ke dalam formula *edible film* antara lain adalah nanopartikel perak. Penambahan nanopartikel akan meningkatkan karakteristik *edible film*, seperti kekuatan, sifat penahanan, antimikroba, dan stabilitas terhadap panas dan dingin. Perbaikan sifat nanokomposit adalah

dengan: 1) meningkatkan ketahanan/keawetan karena peningkatan kekuatan (Wang *et al.* 2003), 2) memperbaiki sifat-sifat penghalang sebagai pengemas (Alexandra dan Dubois 2000), 3) mempunyai sifat optis yang lebih baik karena ukurannya nano (sangat kecil) (Wan *et al.* 2003), 4) lebih mudah diproses karena viskositasnya lebih rendah (Schartel *et al.* 2005), dan 5) sifat daur ulang yang baik (McGlashan dan Halley 2003).

Dari segi bahan baku *edible film*, teknologi nanopartikel telah menghasilkan komponen polimer dalam ukuran nano dan diaplikasikan sebagai bahan pembuat lapisan film. Penelitian Chang *et al.* (2010) yang menggabungkan pati kentang dengan nanokitin menunjukkan bahwa nanokitin dapat terdispersi dengan baik dalam matriks pati dan meningkatkan kuat-tarik (*tensile strenght/TS*), modulus penyimpanan, suhu transisi gelas, dan sifat penghalang terhadap uap air sampai penambahan 5% berat.

KARAKTERISTIK *EDIBLE COATING* ANTIMIKROBA

Penambahan antimikroba ke dalam kemasan *edible* akan memengaruhi sifat fisik bahan pengemas. Penambahan bahan antimikroba minyak atsiri akan memengaruhi kuat-tarik, seperti yang dinyatakan Pranoto *et al.* (2005) dan Maizura *et al.* (2007), bahwa penambahan konsentrat bawang putih ke dalam *film* akan menurunkan nilai kuat-tarik. Adanya minyak atsiri dalam *film* akan mengubah kuat-tarik dengan bertindak sebagai *plasticizer* yang meningkatkan fleksibilitas rantai polimer. Sebaliknya, perpanjangan putus (*elongation at break*) tidak berubah secara signifikan sejalan dengan tingkat konsentrasi minyak yang ditambahkan. Hal ini karena suhu transisi gelas (T_g) film menjadi sangat dekat dengan suhu ruang (suhu pengujian) sehingga *film* cukup kaku dan secara nyata mengubah *elongation at break*.

Penambahan minyak atsiri dengan konsentrasi rendah (sampai 0,3%) tidak memengaruhi permeabilitas uap air (*water vapour permeability, WVP*), tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi akan meningkatkan WVP

(Pranoto *et al.* 2005; Maizura *et al.* 2007). Penambahan minyak atsiri yang bersifat hidrofobik akan meningkatkan interaksi antarmolekul dalam struktur matriks sehingga terjadi transfer uap air.

Penambahan bahan antimikroba dalam bentuk bubuk rempah memengaruhi sifat mekanis *edible film*, terutama terhadap TS dan persen pemanjangan/elongasi. Bubuk kayu manis paling berpengaruh terhadap kuat-tarik, diikuti bubuk kopi, lada, dan cengkih. Sementara terhadap persen elongasi (E), bubuk kopi, kayu manis, dan madu menunjukkan pengaruh yang kuat (Kechichian *et al.* 2010). Hasil ini memperlihatkan bahwa perbedaan ukuran partikel berpengaruh terhadap sifat mekanik film.

Penambahan kitosan ke dalam komposit *edible film* akan menurunkan kelarutan air dalam *film* berbasis pati karena tingginya hidrofobisitas kitosan. Menurut Vasconez *et al.* (2009), *edible film* yang terbuat dari tapioka dan kitosan bersifat fleksibel, transparan, dan cukup kuat. Lapisan *film* tapioka mempunyai sifat permeabilitas yang lebih tinggi dibanding *film* dengan kitosan. Kitosan bersifat hidrofobik, dan adanya ikatan hidrogen antara tapioka dan kitosan akan menurunkan kemampuan hidrofilnya sehingga mengurangi kecepatan transmisi uap air. Penambahan kitosan sebagai *coating* lapisan *film* memengaruhi sifat penghalang terhadap air, memperhalus permukaan *coating* (Lin *et al.* 2010), dan meningkatkan penahanan air dan sifat tahan panas dari komposit berbasis pati (Mali *et al.* 2005).

APLIKASI *EDIBLE COATING* ANTIMIKROBA

Edible coating antimikroba antara lain telah diaplikasikan pada buah-buahan, terutama buah terolah minimal seperti pepaya dan apel (Tapia *et al.* 2007), melon (Massilia *et al.* 2008), apel (Rojas-Grau *et al.* 2008), dan strowberi atau sayuran seperti wortel (Simoes *et al.* 2009) dan paprika (Permanasari 1998; Miskiyah *et al.* 2009), makanan laut (Vasconez *et al.* 2009), dan roti (Kechichian *et al.* 2010), seperti terlihat pada Tabel 4. Aplikasi *edible coating* berbasis pati sagu dengan penambahan minyak serai dapur dapat memperpanjang masa simpan paprika sampai

Tabel 4. Aplikasi *edible coating* antimikroba untuk memperpanjang masa simpan produk pangan.

Bahan baku <i>edible coating</i>	Jenis antimikroba	Bahan pangan	Masa simpan (hari)	Referensi
Pati sagu	Minyak serai dapur	Paprika	33	Miskiyah <i>et al.</i> (2009)
Tapioka	Bubuk rempah	Roti tawar	7	Kechichian <i>et al.</i> (2010)
Tapioka	Kitosan	Filet ikan tuna	6	Vasconez <i>et al.</i> (2009)
Kitosan-PVA	Kitosan	Irisan tomat	-	Tripathi <i>et al.</i> (2009)
Alginat	Minyak kayu manis, palmarosa, serai	Melon	21	Massilia <i>et al.</i> (2008)
Kitosan	Menta	Daging dan olahan daging	28	Kanatt <i>et al.</i> (2008)

33 hari, dan dari sisi organoleptik dapat diterima oleh konsumen (Miskiyah *et al.* 2009).

Aplikasi *edible coating* yang dibuat dari pektin, isolat protein kedelai, dan gliseril monostearat (GMS) dengan perbandingan 3 : 75 : 1,5 pada paprika (Permanasari 1998), cenderung menurunkan susut bobot, mempertahankan kadar air, memperlambat pelunakan, dan menghambat perubahan warna dibandingkan kontrol. Pelapisan *edible coating* dapat memperpanjang masa simpan paprika selama 2 hari (menjadi 8 hari) pada suhu 28°C dan kelembapan 75–80%, dibandingkan paprika kontrol yang hanya tahan selama 6 hari penyimpanan.

Aplikasi *edible coating* berbahan dasar selulosa, protein (*whey protein* dan *sodium caseinate*) serta campuran *bees wax* dan *sodium caseinate* yang bersifat menahan gas yang baik, tidak dapat mempertahankan mutu paprika selama penyimpanan. Penggunaan *edible coating* berbasis polisakarida (*alginate* dan *gellan*) pada apel dapat memperpanjang masa simpan irisan segar apel sampai 2 minggu dibanding kontrol, yaitu sampai 23 hari pada 4°C (Rojas-Grau *et al.* 2008). Sementara pada irisan pepaya dan apel bisa tahan disimpan selama 10 hari di lemari es (Tapia *et al.* 2007). Aplikasi *edible film* berbasis tapioka pada roti tawar mampu memperpanjang masa simpan sampai 7 hari pada suhu kamar (Kechichian *et al.* 2010).

Penelitian aplikasi *edible coating* di Indonesia sudah cukup banyak dengan menggunakan berbagai jenis pati, seperti tapioka dan garut, maupun hidrokoloid lain seperti *alginate* atau kitosan. Bahan yang dikemas antara lain adalah buah nangka kupas (Pikni *et al.* 2004; Partha *et al.* 2009), durian (Kusbiantoro 2011), lempuk durian (Harris 2001; Santoso *et al.* 2004), dan salak pondoh (Rahmawati 2010). Penelitian *edible coating* antimikroba berbasis kitosan telah dilakukan oleh Wardiananti dan Setyaningsih (2009) pada bakso.

TANTANGAN DAN PELUANG

Tantangan utama pengembangan teknologi untuk memperbaiki karakteristik bahan pangan dengan *edible coating/film* adalah aplikasinya pada skala komersial. Penelitian yang ada umumnya masih pada skala laboratorium. Selain itu, industri pangan masih mencari *edible coating/film* yang sesuai untuk diaplikasikan pada berbagai jenis pangan untuk meningkatkan nilai tambah dan memperpanjang masa simpan produk. Lin dan Zhao (2007) melaporkan beberapa kendala dalam aplikasi *edible coating/film* pada skala komersial, yaitu terbatasnya informasi mengenai bahan pelapis yang sesuai untuk tiap produk pangan, rendahnya sifat penghalang terhadap uap air, lemahnya kelekatan permukaan dari beberapa bahan *coating*, potensi terjadinya alergi terutama pada *coating* berbasis protein, adanya mutu sensoris yang tidak disukai pada beberapa bahan *coating*, dan kelayakan penggandaan pada skala industri.

Penelitian terus dilakukan dalam upaya pengembangan *edible coating*, terutama untuk mengatasi kendala-kendala tersebut. Untuk mengatasi rendahnya kemampuan menahan kelembapan, terutama untuk buah dan sayuran segar terproses minimal dengan permukaan yang basah, diperlukan penelitian untuk mengembangkan bahan *coating* yang baru dan atau formulasi *coating* yang mempunyai sifat penghalang terhadap kelembapan dan pelekatan/adhesi permukaan. Perlu pula dipelajari fungsi dan interaksi antarkomponen yang berbeda dalam formula *coating*. Penelitian lain yang juga penting adalah aplikasi bahan tambahan yang bersifat hidrofobik seperti lemak dan asam lemak untuk meningkatkan sifat penghalang terhadap kelembapan, tetapi masih mampu mempertahankan fungsi yang diinginkan, yaitu ketahanan terhadap uap, gas atau cairan, dan sifat sensoris produk yang diberi *coating*. Agar bahan *coating* dapat melekat dengan kuat pada permukaan bahan yang bersifat basah, perlu penambahan bahan seperti surfaktan dalam larutan *coating* (Lin dan Zhao 2007). Aplikasi *coating* dengan teknik pencelupan berisiko menghilangkan lapisan lilin alami pada permukaan buah. Oleh karena itu, perlu penelitian atau pengkajian teknik lain seperti penyemprotan atau penetesan (*dripping*).

Penelitian *edible coating* di Indonesia sudah cukup banyak, tetapi masih perlu dieksplorasi untuk mendapatkan formula yang sesuai untuk produk yang berbeda dengan memanfaatkan pati lokal yang karakteristiknya cocok sebagai *edible coating/film*. Aplikasi *edible coating/film* secara komersial masih belum dikembangkan, padahal produk terolah minimal yang dijual di pasar modern semakin banyak jumlahnya. Sementara itu, konsumen semakin meningkat kesadarannya untuk menggunakan bahan alami termasuk pengawet sehingga penggunaan *edible coating* akan semakin tinggi.

Teknologi lain yang juga menarik adalah penambahan bahan aktif berukuran nano dan/atau pelepasan bahan aktif terkontrol (*controlled release of active compounds*) dengan larutan nano seperti nanoenkapsulasi. Mikro dan nanoenkapsulasi komponen aktif dengan *edible coating* dapat mengontrol pelepasan bahan aktif pada kondisi tertentu sehingga terlindung dari uap air, panas atau kondisi ekstrem, selain meningkatkan stabilitas dan viabilitasnya.

KESIMPULAN

Pengemas *edible* berbasis pati dengan penambahan bahan antimikroba merupakan alternatif yang baik untuk meningkatkan daya tahan dan kualitas bahan pangan selama penyimpanan, selain lebih aman bagi kesehatan. Penambahan bahan antimikroba ke dalam *edible coating/film* akan meningkatkan masa simpan dan stabilitas bahan pangan karena sifat penghalang dari lapisan film diperkuat oleh komponen aktif antimikroba.

Karakteristik fisik dan mekanik *edibel coating/film* akan berubah seiring dengan penambahan bahan antimikroba, gliserol, lemak (lipida), dan bahan tambahan lainnya. Komposit pati dengan bahan yang bersifat hidrofobik seperti kitosan akan memperbaiki karakteristik mekanik *edible coating/film* karena sifat hidrofobitasnya, selain bersifat antimikroba.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandra, M.D.P. and Dubois. 2000. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. *Materials Sci. Engin. Rep.* 28: 1–63.
- Angka, S.L. dan T.S. Suhartono. 2000. *Bioteknologi Hasil Laut*. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. hlm. 49–56.
- Baldwin, E.A., M.O. Nisperos, X. Chen, R.D. Hagenmaier. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *J. of Postharvest Biol. Technol.* 9: 151–163.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *Intl. J. Food Microbiol.* 94: 223–253.
- Campos, C.A., L.N. Greshenson, and S.K. Flores. 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol.* 4: 849–875.
- Chang, P.R., R. Jian, J. Yu, and X. Ma. 2010. Starch-based composites reinforced with novel chitin nanoparticles. *Carbohydrate Polymers* 80: 420–425.
- Chi, S., S. Zivanovic, and M.P. Penfield. 2006. Application of chitosan films enriched with oregano essential oil. *Food Sci. Technol. Intl.* 12: 111–117.
- Chillo, S., S. Flores, M. Mastromatteo, A. Conte, L'ya Gerschenson, and M.A. del Nobile. 2008. Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *J. Food Engin.* 88: 159–168.
- Chung, Y.C. and C.Y. Chen. 2008. Antibacterial characteristic and activity of acid-soluble chitosan. *Bioresource Technol.* 99(8): 2806–2814.
- Garcia, N.L., L. Ribbon, A. Dufresne, M. Aranguren, and S. Goyanes. 2011. Effect of glycerol on the morphology of nanocomposites made from thermoplastic starch and starch nanocrystals. *Carbohydrate Polymers* 84(1): 203–210.
- Gennadios, A. and C.L. Weller. 1990. Edible films and coating from wheat and corn proteins. *Food Technol.* 44: 10: 63–69.
- Guilbert, S., N. Gontard, and L.G.M. Gorris. 1996. Prolongation of the shelf life perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensm. Wiss. Technol.* 29: 10–17.
- Harris, H. 1999. *Kajian Teknik Formulasi terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Ubi Kayu, Aren, dan Sagu untuk Pengemas Produk Pangan Semibasah*. Tesis. Program Studi Ilmu Pangan Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Harris, H. 2001. Kemungkinan penggunaan *edible film* dari pati tapioka untuk pengemas lempuk. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 3(2): 99–106.
- Kanatt, S.R., R. Chander, and A. Sharma. 2008. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. *Food Chem.* 107: 845–852.
- Kechichian, V., C. Dield, P. Veiga-Santos, and C.C. Tadini. 2010. Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT - Food Sci. Technol.* 43: 1088–1094.
- Kester, J. and O. Fennema. 1989. Resistance of lipid films to water transmission. *J. Amer. Oil Soc.* 66: 1139–1146.
- Krochta, J.M., E.A. Baldwin, and M.O. Nisperos-Carriedo. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Lancaster Pa. Technomic Publishing.
- Kusbiantoro, B. 2011. *Kajian perubahan flavour durian terolah minimal berlapis edible selama penyimpanan*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/51538>. [5 Agustus 2011].
- Larotonda, F.D.S., K.N. Matsui, V. Soldi, and J.B. Laurindo. 2004. Biodegradable films made from raw and acetylated cassava starch. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 47: 477–484.
- Lee, J.Y., H.J. Park, C.Y. Lee, W.Y. Choi. 2003. Extending storage-life minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm. Wiss. U Technol.* 36: 323–329.
- Li, P. and M. Barth. 1998. Impact of edible coating on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrot. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 51–60.
- Lieberman, E.R. and S.G. Gilbert. 1973. Gas permeation of collagen film as affected by cross-linkage, moisture and plasticizer content. *J. Polymer Sci. Symp.* 41: 33–43.
- Lin, D. and Y. Zhao. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Food Sci. Food Safety* 6(3): 60–75.
- Lin, B., Y. Du, Y. Li, X. Liang, X. Wang, W. Deng, Xi Wang, L. Li, and J.F. Kennedy. 2010. The effect of moist heat treatment on the characteristic of starch-based composite materials coating with chitosan. *Carbohydrate Polymers* 81: 554–559.
- Liu, F., B. Qin, L. He, and R. Song. 2009. Novel starch/chitosan blending membrane: anti-bacterial, permeable and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers* 78: 146–150.
- Maizura, M., A. Fazilah, M.H. Norziah, and A.A. Karim. 2007. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. *J. Food Sci.* 72: 6: c324–c330.
- Maizura, M., A. Fazilah, M.H. Norziah, and A.A. Karim. 2008. Antibacterial activity of modified sago starch-alginate based edible film incorporated with lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil. *Intl. Food Res. J.* 15(2): 233–236.
- Mali, S., M.V.E. Grossmann, M.A. Garcia, M.N. Martino, and N.E. Zaritzky. 2005. Micro-structural characterization of yam starch films. *J. Carbohydrate Polymer* 50: 379–386.
- Massilia, R.M.R., J. Mosqueda-Melgar, and O. Martin Belloso. 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *Intl. J. Food Microbiol.* 121: 313–327.
- Mc.Glashan, S.A. and P.J. Halley. 2003. Preparation and characterisation of bio-degradable starch based nanocomposite materials. *Polymer Intl.* 52(11): 1767–1773.
- Miskiyah, Widaningrum, dan C. Winarti. 2009. *Formulasi dan aplikasi edible coating pada paprika (Capsicum annum) untuk meningkatkan masa simpan minimal 10 hari*. Laporan Akhir Tahun. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor. 70 hlm.
- No, H.K., S.D.K. Jim, S.J. Kim, and S.P. Meyer. 2002. Antibacterial activity of chitosan and chitosan oligomer with different molecular weights. *Intl. J. Food Microbiol.* 74: 65–72.
- Partha, I.B.B., Suparmo, M.A.J. Wasono, dan M. Ulfah. 2009. Pengaruh CaCl₂ dan *edible film* terhadap penghambatan *chilling injury* buah nangka kupas. *J. Teknologi dan Industri Pangan* XX(1): 63–70.
- Permanasari, E.D. 1998. *Aplikasi Edible Coating dalam Upaya Mempertahankan Mutu dan Masa Simpan Paprika (Capsicum annum var. Grossum)*. Tesis. Program Studi Ilmu Pangan Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Pikni, Suparmo, dan U. Santoso. 2004. *Coating terhadap buah nangka (Artocarpus heterophylla L.) terolah minimal yang disimpan pada suhu rendah dan suhu beku*. *Agrosain* 17(2): 271–286.

- Pranoto, Y., V.M. Salokhe, and S.K. Rakshit. 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *J. Food Res. Intl.* 38: 267–272.
- Quintavalla, S. and L. Vicini. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Sci.* 62: 373–380.
- Rahmawati, M. 2010. Kajian sifat kimia salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw) dengan pelapisan khitosan selama penyimpanan untuk memprediksi masa simpannya. *J. Teknologi Pertanian* 6(1): 20–24.
- Rindlay-Wastling, A., M. Stading, A.M. Hermasson, and P. Gatenttolm. 1998. Structure, mechanical barrier properties of amylose and amylopectin films. *Carbohydrate Polymer* 31: 21–24.
- Rojas-Grau, M.A., M.S. Tapia, F.D. Rodriguez, A.J. Carmona, and O. Martin-Belloso. 2007. Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agent applied on fresh cut Fuji apple. *Food Hydrocolloids* 21: 118–127.
- Rojas-Grau, M.A., M.S. Tapia, and O. Martin-Belloso. 2008. Using polysaccharide-based edible coating to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT* 41: 139–147.
- Rojas-Grau, M.A., R. Soliva-Fortuny, and O. Martin-Belloso. 2009. Edible coating as carrier to active ingredients for fresh cut fruit. *In The World of Food Science.* www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1005154 [3 Januari 2011]
- Santoso, B., D. Saputra, dan R. Pambayun. 2004. Kajian teknologi *edible coating* dari pati dan aplikasinya untuk pengemas primer lempuk durian. *J. Teknologi dan Industri Pangan* XV: 3.
- Schartel, B., P. Potschke, U. Noll, and M. Abdel-Goud. 2005. Fire behaviour of polyamide 6/multiwall carbon nanotube nanocomposites. *Eur. Polymer J.* 415: 1061–1070.
- Seydim, A.C. and G. Sarikus. 2006. Antimicrobial activity of whey protein-based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oil. *J. Food Res. Intl.* 39: 639–644.
- Shahidi, F., J.K.M. Arachi, and Y. Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosan. *Review: Trends in Food Science Technol.* 10: 37–51.
- Simoës, A.D.N., J.A. Tudela, A. Allende, R. Puschmann, and M.I. Gil. 2009. Edible containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. *Post-harvest Biol. Technol.* 51: 364–370.
- Sorrentino, A., G. Gorrasi, and V. Vittoria. 2007. Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 84–95.
- Sri Hadi, H.N.S. 2008. Aplikasi Kitosan dan Penambahan Ekstrak Bawang Putih sebagai Pengawet dan *Edible Coating* Bakso Sapi. Tesis. Program Studi Ilmu Pangan Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Stanescu, V.N., M. Olteanu, M. Florea-Spiroiu E. Pincu, and V. Melzer. 2011 Starch/chitosan film forming hydrogel. *Rev. Roum. Chim.* 56(8): 827–832.
- Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonneveld, and S.W. Bigger. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *J. Food Sci.* 68: 408–420.
- Tapia, M.S., M.A. Rojas-Grau, F.J. Rodriguez, J. Ramirez, A. Carmona, and O. Martin-Belloso. 2007. Alginate- and gellan-based edible films for probiotic coating on fresh cut fruits. *J. Food Sci.* 72(4): E 190–196.
- Tripathi, S., G.K. Mehrotra, and P.K. Dutta. 2009. Physicochemical of cross-linked chitosan-PVA film for food packaging applications. *Intl. J. Biol. Macromol.* 45: 372–376.
- Vásconez, M.B., S.K. Flores, C.A. Campos, J. Alvarado, and L.N. Gerschenson. 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Res. Intl.* 42: 762–769.
- Wan, C., X. Qiau, and Y. Zhang. 2003. Effect of different clay treatments on morphology and mechanical properties of PVC-clay nanocomposites. *Polymer Testing* 22: 453–461.
- Wang, K.K., C.M. Koo, dan I.J. Chung. 2003. Physical properties of polyethylene/silicate nanocomposite brown films. *J. Appl. Polymer Sci.* 89: 2131–2136.
- Wardaniati, R.A. dan S. Setyaningsih. 2009. Pembuatan chitosan dari kulit udang dan aplikasinya untuk pengawet bakso. <http://eprints.undip.ac.id/1718>. [5 Agustus 2011].
- Wirakartakusumah, M.A., A., Apriyantono, M. Ma'arif, Suliantari, D. Muchtadi, and Otaka. 1986. Isolation and characterization of sago liquid sugar. Paper FAO-BPPT, Jakarta.
- Yusmarlela. 2009. Studi Pemanfaatan platisiser Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu. Tesis. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Zheng, L.Y. and J.F. Zhu. 2003. Study on anti-microbial activity of chitosan with different molecular weight. *Carbohydrate Polymer* 54: 527–530.