

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Edible Film

Secara umum *edible film* diartikan sebagai lapisan tipis yang dibuat dari bahan-bahan yang dapat dimakan dan digunakan pada produk pangan sebagai pelapis. *Edible film* digunakan sebagai pelapis mempunyai tujuan antara lain untuk menahan laju perpindahan uap air, oksigen, karbondioksida dan aroma; pembawa komponen makanan (seperti antioksidan dan antimikrobal); dan meningkatkan ketahanan mekanik dari produk pangan (Krochta *et al.*, 1997). Beberapa contoh penggunaan *edible film* menurut Bureau (1996), untuk melindungi produk ikan segar, keju, dan daging terhadap kelembaban dan oksigen.

Edible film dikembangkan dari bahan-bahan alami seperti pati, protein, pektin, khitin, lipida, karbohidrat, dan lain-lain. Komponen-komponen *edible film* dapat dibedakan dalam tiga kategori yaitu hidrokoloid, lemak, dan campuran keduanya. *Edible film* golongan hidrokoloid dapat dibuat dari protein, turunan selulosa, alginat, pati, dan polisakarida lain. *Edible film* yang termasuk dalam golongan lipida yaitu film yang dibuat dari lilin, asli gliserol, dan asam lemak. Film campuran terdiri dari komponen lipid dan hidrokoloid (Krochta *et al.*, 1997).

Film hidrokoloid memiliki sifat penghalang yang baik untuk mencegah keluar masuknya karbondioksida, oksigen, dan lemak serta memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan integritas struktural pada produk yang mudah pecah, tetapi film hidrokoloid ini memiliki permeabilitas yang rendah terhadap uap air sehingga seringkali dibuat dengan penambahan lemak untuk

meningkatkan permeabilitasnya terhadap uap air. Bahan hidrokoloid yang digunakan untuk pembuatan film dan *coating* dapat diklasifikasikan menurut komposisi penyusunnya, muatan molekul, dan kelarutannya dalam air (Krochta *et al.*, 1997).

Gum, selulosa, dan derivatnya digunakan sebagai penstabil, pengental, dan pengikat. Polisakarida tersebut mempunyai sifat yang dapat membentuk film dengan baik sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan *edible film* atau *coating*. Sifat polimer tersebut yang hidrofilik dapat menghasilkan film yang efektif untuk menghambat hilangnya asam lemak, tetapi film yang dihasilkan tidak tahan terhadap air, dan tidak tahan terhadap kelembaban yang tinggi. Meskipun demikian beberapa hidrokoloid tersebut dapat digunakan untuk pelapisan (misal pada daging) dalam bentuk lapisan gel, yang dapat mencegah pengeringan permukaan selama penyimpanan (Krochta *et al.*, 1997).

Menurut Hidayat *et al.* (1996), pembentukan *biodegradable film* secara sederhana yaitu dengan pengeringan sehingga membentuk lembaran kertas yang memiliki karakteristik tertentu berdasarkan kekuatan tarikan, kelenturan, dan permeabilitas film terhadap gas. Bahan dasar pembentukan film tersebut dapat menggunakan limbah air kelapa yang difermentasi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* membentuk suatu produk yang disebut *nata de coco*, selanjutnya produk *nata* ini dapat dikeringkan menjadi lembaran film selulosa.

B. Pembuatan *Nata de Coco*

Nata de coco merupakan makanan hasil fermentasi dari air kelapa, khas negara Philipina (Rahayu, 1983). Lapuz bersama rekan-rekannya (1967) telah meneliti bakteri pembentuk *nata* ini dan menyatakan bahwa *nata de coco* tersusun

dari senyawa selulosa yang dihasilkan dari fermentasi air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*.

Lapisan *nata* terbentuk saat massa sel bakteri *Acetobacter xylinum* yang sedang berkembang biak secara cepat diselubungi suatu lapisan (pelikel) selulosa yang nampak sebagai bulatan yang halus. Bentuk koloni tersebut selanjutnya akan berubah menjadi agregat yang lebih pipih dengan permukaan penuh tonjolan, mirip mahkota (Palungun, 1993). Thimann (1962), menyatakan bahwa pembentukan *nata de coco* terjadi karena proses pengambilan glukosa dari larutan gula atau gula dalam air kelapa oleh sel-sel *Acetobacter xylinum*, kemudian glukosa tersebut digabungkan dengan asam lemak membentuk prekursor pada membran sel. Prekursor ini selanjutnya dikeluarkan dalam bentuk ekskresi dan bersama enzim mempolimerisasikan glukosa menjadi selulosa di luar sel. *Nata* akan terbentuk bila medium dan pertumbuhan bakteri memenuhi syarat, misalnya tingkat keasaman, suhu, dan gula sebagai sumber karbon, sumber nitrogen

Menurut Palungun (1993), bakteri pembentuk *nata* ini akan membentuk *gel* pada permukaan yang mengandung gula, tetapi untuk tumbuh dan berkembang membentuk *nata* membutuhkan kandungan air sebanyak 91,23%, protein 0,29%, lemak 0,15%, karbohidrat 7,27%, serta abu 1,06% di dalam air kelapa. Selain itu terdapat juga nutrisi-nutrisi berupa sukrosa, fruktosa, dan vitamin B kompleks, nutrisi-nutrisi tersebut merangsang pertumbuhan *Acetobacter xylinum*.

Acetobacter xylinum dalam proses fermentasi *nata* mengubah glukosa menjadi selulosa secara ekstraseluler. Komponen selulosa ini akan membentuk jalinan mikrofibril yang panjang dalam cairan fermentasi. Gelembung-gelembung gas CO₂ yang dihasilkan selama fermentasi memiliki kecenderungan melekat pada

jaringan selulosa ini, sehingga menyebabkan jaringan selulosa ini terangkat ke permukaan cairan (Rahayu, 1983). Fermentasi *nata* dilakukan pada wadah yang besar. Inkubasi berlangsung selama 15, 16, 17, dan 18 hari untuk masing-masing perlakuan dengan suhu kamar. Produksi *nata* yang maksimum adalah 18 hari.

Menurut Rahayu (1983), faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam fermentasi *nata* adalah pengaturan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum*. Beberapa faktor yang berpengaruh pada fermentasi *nata* antara lain :

1. Tingkat Keasaman

Lapuz *et al.* (1967) telah mengadakan percobaan pembuatan *nata* pada berbagai variasi pH yaitu pH 2 – 8 pada medium air kelapa, ternyata *nata* hanya terbentuk pada interval pH 3,5 – 7,5. Tingkat keasaman optimum untuk pembuatan *nata* yaitu pada pH 4, sedangkan pada pH di bawah 4 ataupun di atas 4 dihasilkan *nata* yang tipis dan lunak.

2. Suhu

Suhu optimum fermentasi *nata* adalah pada suhu kamar, sehingga dihasilkan *nata* yang tebal dibandingkan fermentasi pada suhu lainnya. Pada suhu 20°C pertumbuhan *Acetobacter xylinum* terhambat sehingga dihasilkan *nata* yang tipis dan lunak, sedangkan pada suhu 15°C ternyata *Acetobacter xylinum* tidak dapat tumbuh. Pada suhu 35°C *nata* juga tidak terbentuk walaupun masih tampak adanya pertumbuhan *Acetobacter xylinum* (Lapuz *et al.*, 1967 dan Alaban, 1962).

3. Gula sebagai sumber karbon

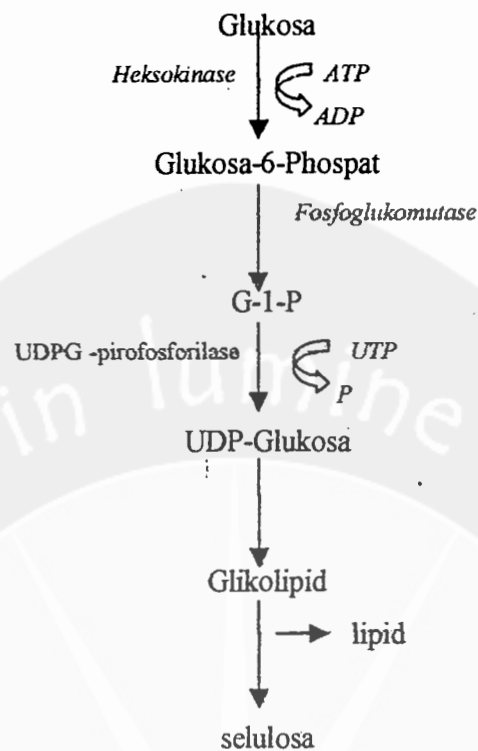
Bakteri *Acetobacter xylinum* menggunakan sumber karbon sebagai penyusun bahan-bahan organik sel dan juga sumber energi. Gula sebagai sumber karbon bagi *Acetobacter xylinum* juga merupakan komponen yang penting dalam pembuatan serat selulosa (Rahayu, 1983). Penambahan gula yang optimum dalam pembuatan *nata de coco* adalah 15%, lebih dari 15% akan menurunkan ketebalan nata karena akan banyak gula yang akan terurai menjadi asam sehingga pH media akan menurun secara drastis dan hal ini mengganggu aktivitas bakteri (Atih, 1979).

4. Sumber Nitrogen

Menurut Alaban (1962), ternyata cairan fermentasi yang menggunakan ekstrak yeast serta pepton sebagai sumber nitrogen menghasilkan *nata* yang lebih tebal dibandingkan cairan fermentasi lain yang menggunakan amonium sulfat maupun kalium sulfat.

C. Produksi Selulosa dari *Nata de Coco*

Bakteri *Acetobacter xylinum* bila ditumbuhkan pada medium yang mengandung gula akan mengubah 19 persen gula yang tersedia menjadi selulosa (Thimann, 1962). Selanjutnya menurut Hassid (1970), prekursor dalam pembentukan selulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* ialah Urasil Difosfoglukose (UDPG). Mekanisme pembentukan selulosa oleh *Acetobacter xylinum* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Pembentukan Selulosa oleh *Acetobacter xylinum*
(Sumber : Hassid, 1970)

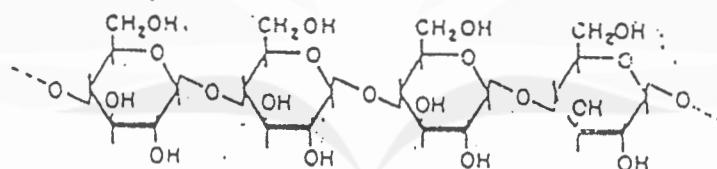
Sel menerima molekul selulosa, bergabung dengan lemak membentuk penyokong yang terdapat pada membran sel, lalu keluar bersama enzim yang menggabungkan sisa heksosa menjadi serat. Pembentukan serat ini terlihat dengan timbulnya suatu area kecil pada permukaan medium, kemudian terjadi penyerapan lemak oleh sel bakteri (Thimann, 1962). Menurut Lepard dan Colvin (1977), pada sintesis selulosa oleh *Acetobacter xylinum* akan terbentuk suatu senyawa antara lipid fosfat glukosa yang akan membawa D-glukopyranosyl yang berasal dari UDP-Glukosa ke luar sel untuk membentuk rantai selulosa. Senyawa antara tersebut akan kembali ke dalam sel dan terus berulang membentuk suatu daur.

Nata yang dihasilkan dari hasil fermentasi ini direndam dengan NaOH 5%. Perlakuan kimia ini dilakukan untuk mendapat selulosa dengan kemurnian yang

tinggi . Perendaman yang dilakukan pada temperatur ruangan akan mendapatkan pemurnian yang lebih baik. NaOH 5% ini digunakan karena NaOH 5% ini paling baik untuk meningkatkan kemurnian selulosa (Iguchi, 1996).

D. Struktur Selulosa

Selulosa merupakan karbohidrat yang tersusun atas unit glukosa yang terikat satu sama lain pada rantai linier yang panjang dengan ikatan basa pada atom C nomor satu dan atom C nomor empat (Kabirun *et al.*, 1989). Selulosa merupakan senyawa yang berfungsi sebagai pembangun struktur sel berbagai jenis sel tanaman, karena itu selulosa merupakan senyawa makromolekul yang paling banyak tersedia di alam (Rahman, 1992).



Gambar 2. Struktur selulosa
(Sumber : Rahman, 1992)

Kabirun *et al.* (1989), menjelaskan bahwa selulosa yang terdapat pada dinding sel tanaman tersusun dalam bentuk yang terdiri dari 1000 unit glukosa. Mesdiko (1989) mengemukakan bahwa selulosa di alam sering terdapat bersama hemiselulosa dan lignin yang merupakan penyusun dinding sel tanaman dan dikenal dengan lignoselulosa. Padatan lignoselulosa mengandung 3 komponen utama yaitu : selulosa, hemiselulosa dan lignin, dengan perbandingan 4 : 3 : 4.

Menurut Hardjo *et al.* (1989), secara alamiah molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa paralel yang dihubungkan

oleh ikatan hidrogen. Lebih lanjut Kabirun *et al.* (1989) menambahkan bahwa fibril-fibril ini kemudian akan membentuk struktur yang lebih besar yang disebut makrofibril, yang selanjutnya akan membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Struktur kristal yang kuat dan adanya lignin menyebabkan molekul selulosa sukar dihidrolisis oleh enzim. Bagian selulosa yang mudah dihidrolisis sering merupakan daerah amorf. Selulosa rata-rata terdiri dari 15% amorf dan 85% kristal.

Hardjo *et al.* (1989), mengemukakan bahwa ikatan glikosidik β -1,4, pada serat selulosa dapat dihidrolisis menjadi monomer-monomer glukosa. Proses perubahan selulosa menjadi glukosa dapat dilakukan dengan cara hidrolisis asam atau hidrolisis enzimatik (biologis).

E. Pembuatan *Biodegradable Film* dari Selulosa

Acetobacter xylinum membentuk gel pada permukaan medium, kemudian ini membentuk agregat polisakarida yang disintesis ke permukaan sel secara ekstraseluler sehingga dikenal dengan polisakarida ekstraseluler (Lapuz *et al.*, 1967 ; Rahayu, 1983). Agregat polisakarida ini akan saling jalin antarsesamanya sehingga akan terbentuk suatu pelikel di permukaan medium. Kemampuan dari rantai selulosa yang mengadakan kristalisasi juga merupakan salah satu sebab terbentuknya pelikel. Selulosa bakteri dibentuk sebagai matrik di luar dinding sel dan bakteri tertanam dalam jerat massa mikrofibril selulosa. Pelikel yang terbentuk tersebut akan membentuk suatu penghalang yang dapat mencegah proses difusi oksigen dalam medium pertumbuhan, sehingga menyebabkan pelikel tersebut diubah menjadi film (Brock *et al.*, 1994).

Film yang terbentuk dari bahan dasar selulosa ini ketika masih berstruktur gel yang higroskopis memiliki struktur selulosa yang kompak namun tidak teratur, pemadatan dilakukan dengan pengeringan untuk mendapatkan ketebalan maupun sifat mekanik seperti *tensile strength* dan *elongasi*. Pemadatan ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan air serta mendapatkan film yang lebih rapat dan dapat bertindak sebagai barrier massa seperti permeabilitas terhadap oksigen, permeabilitas terhadap uap air, serta sifat mekanik. Pembuatan film melalui proses pengeringan lebih sederhana dibanding pembuatan film dari bahan turunan polimer selulosa. Kemampuan yang lebih mudah terdegradasi dipilih sebagai pertimbangan lingkungan (Park *et al.*, 1993).

F. Sifat-sifat Mekanik dan Fisik Film Selulosa

Menurut Ardiyanto (2000), hasil pengujian sifat mekanik film selulosa serta pengukuran kadar selulosa film sangat dipengaruhi oleh lama waktu inkubasi yang menggambarkan tingkat pembentukan selulosa yang merupakan hasil dari metabolisme sekunder oleh bakteri *Acetobacter xylinum* yang memproduksi lapisan pelikel yang dinamakan *nata de coco*. Semakin meningkatnya ketebalan semakin bertambah kekuatan tariknya (*tensile strength*), karena jumlah kristal (kristalisasi) selulosa yang mengadakan asosiasi di dalamnya semakin meningkat, sehingga kadar selulosa yang terpolimerisasi juga akan meningkat. Peningkatan ketebalan serta konsentrasi selulosa ini tidak mempengaruhi secara nyata perubahan keregangannya (*elongasi*) yang teruji. Tingkat kadar air ternyata juga dapat mempengaruhi faktor *elongasi* yang dimiliki oleh film selulosa.

Peningkatan ketebalan dari film selulosa ternyata tidak hanya mempengaruhi *tensile strength* dari film selulosa tetapi juga mempengaruhi laju transmisi uap air. Peningkatan ketebalan film ini justru mengakibatkan laju transmisi uap air semakin menurun karena semakin rapat serat yang terjalin dan semakin sempit celah yang mampu ditembus uap air. Pengujian dilakukan terhadap film selulosa dengan ketebalan lebih rendah justru memiliki laju transmisi uap air yang lebih besar (Ardiyanto, 2000).

Bertambahnya ketebalan film selulosa juga mempengaruhi kadar selulosa yang terkandung. Masa inkubasi yang meningkat, maka meningkat pula sintesis selulosa yang berlangsung. Meningkatnya derajat polimerisasi selulosa yang mampu disintesis oleh bakteri sesuai dengan waktu inkubasinya berbanding lurus dengan ketebalan lapisan selulosa yang mampu terbentuk (Ardiyanto, 2000).

G. Lengkek (*Nephelium Longanum*)

G.1. Botani Tanaman Lengkek

Lengkek (*Nephelium Longanum*) termasuk familia Sapindaceae. Lengkek berasal dari negeri Cina (daerah subtropis). Pohonnya besar dan bercabang banyak, daunnya rimbun, dan mampu bereproduksi di atas umur 100 tahun. Buahnya kecil, lebih kurang sebesar kelereng, warna kulit buahnya berwarna putih agak bening. Bijinya satu dan berwarna hitam kecoklatan, rasa buahnya manis (Sunanto, 1997).

Lengkek merupakan tanaman keras yang mempunyai batang kayu yang kuat. Sistem perakarannya sangat luas dan mempunyai akar tunggang yang sangat dalam, sehingga sangat tahan terhadap kekeringan dan tidak mudah roboh. Daun lengkek

termasuk daun majemuk, bentuk daunnya bulat panjang dengan ujung yang agak runcing (Sunanto, 1997).

Lengkeng umumnya dipanen ketika buah telah mencapai kematangan dan pola respirasi yang dimiliki oleh buah ini adalah semakin menurun seiring waktu penyimpanan lepas panen. Melihat hal tersebut maka buah lengkeng dapat disimpulkan termasuk ke dalam golongan buah non-klimaterik (Sunanto, 1997).

G.2. Kemunduran Mutu Buah

Buah-buahan segar yang baik memiliki kandungan air yang cukup. Kehilangan air merupakan susut berat sehingga juga merupakan kehilangan langsung dalam pemasaran. Susut berat hanya 3 persen pada buah lengkeng akan menyebabkan buah terlihat mudah rusak kelihatan layu atau berkerut, dan pada kondisi hangat dan kering hal ini dapat terjadi pada banyak komoditas dalam beberapa jam. Kehilangan air dapat menyebabkan hilangnya kesegaran dan perubahan yang tak diinginkan dalam warna dan cita rasa. Derajat penurunan kecepatan kehilangan air tergantung pada permeabilitas kemasan terhadap transfer uap air juga tergantung pada kerapatan isi kemasan. Semua bahan yang digunakan biasanya bersifat permeabel terhadap uap air sampai batas-batas tertentu (Tranggono dan Sutardi, 1990).

Kehilangan air dari hasil panen hortikultura merupakan penyebab utama dari kerusakan selama penyimpanan. Transpirasi adalah proses kehilangan air dalam bentuk gas dari jaringan hidup. Peristiwa ini mengakibatkan bahan menjadi layu dan berkerut, mengalami susut berat, tekstur jelek, bahan kurang menarik sehingga kualitasnya menjadi lebih rendah. Kecepatan transpirasi dapat dikurangi dengan pelapisan lilin atau dengan pengemasan protektif (Makfoeld, 1982).