

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian dalam Perspektif Islam

Allah berfirman dalam Q.S Ali Imran: 190

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾

Artinya: *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang yang berakal (Q.S Ali Imran: 190)*

Ayat diatas menerangkan bahwa dalam setiap peristiwa yang telah ditetapkan oleh Allah SWT terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Sedangkan manusia adalah ciptaan Allah yang berakal. Melalui segala sesuatu yang ditetapkan dan diciptakan oleh Allah, manusia dituntut menggunakan akalnyanya untuk berpikir terhadap tanda-tanda kekuasaan Allah tersebut. Bagi orang yang berakal ia akan melihat betapa besar kekuasaan Allah SWT dan akan menggunakan akalnyanya untuk hal kebaikan dan mensyukuri nikmat Allah yang diberikan kepadanya. Salah satu tanda kebesaran Allah SWT adalah telah menciptakan segala sesuatu dengan manfaatnya masing-masing. Manusia hanya tinggal menggunakan akalnyanya untuk berpikir dan memanfaatkan serta menjaga apa yang telah Allah SWT ciptakan.

Berdasarkan ayat diatas, manusia diperintahkan untuk berpikir. Allah menciptakan segala sesuatu dengan kekurangan dan kelebihannyanya masing. Salah satunya adalah brokoli. brokoli merupakan sayuran yang bermanfaat bagi

kesehatan, namun brokoli memiliki kelemahan yaitu umur simpan yang singkat sehingga brokoli harus dimanfaatkan dengan tepat. Salah satu perintah yang tersirat dalam ayat diatas adalah manusia yang diperintahkan berpikir. Maka dalam hal ini adalah tentang pengelolaan brokoli agar memiliki umur simpan lebih panjang dan terjaga kualitas brokoli. Maka dilakukan *edible coating* dengan kitosan untuk mempertahankan kualitas brokoli.

2.2 Botani Brokoli

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Brokoli

Menurut Rukmana (1994) klasifikasi brokoli adalah sebagai berikut:

Kingdom Plantae

Divisi Spermatophyta

Sub divisi Angiospermae

Kelas Dicotyledoneae

Ordo *Brassicales*

Famili *Brassicaceae*

Genus *Brassica*

Spesies *Brassica oleracea* L.



Gambar 2.1 Brokoli (*Brassica oleracea* L.)

Brokoli memiliki tangkai daun agak panjang dan helai daun berlekuk-lekuk panjang. Tangkai bunga brokoli lebih panjang dan lebih besar dibandingkan dengan kubis bunga. Massa bunga brokoli tersusun secara kompak membentuk bulatan berwarna hijau tua, atau hijau kebiru-biruan, dengan diameter antara 15-20 cm atau lebih (Rukmana, 1994).

Pada kondisi lingkungan yang sesuai, massa bunga brokoli dapat tumbuh memanjang menjadi tangkai bunga yang penuh dengan kuntum bunga, tiap bunga terdiri atas 4 helai kelopak bunga (*calyx*), empat helai daun mahkota bunga (*corolla*), enam benang sari yang komposisinya empat memanjang dan dua pendek. Bakal buah terdiri atas dua ruang, dan setiap ruang berisi bakal biji (Rukmana, 1994).

Bunga brokoli berwarna hijau dan masa tumbuhnya lebih lama dari kubis bunga. Brokoli tersusun dari bunga-bunga kecil yang berwarna hijau, tetapi tidak sekompak kubis. Dibandingkan dengan kubis bunga, bunga brokoli akan terasa lebih lunak setelah direbus (Dalimartha, 1999).

Biji brokoli memiliki bentuk dan warna yang hampir sama, yaitu bulat kecil berwarna coklat sampai kehitaman. Biji tersebut dihasilkan oleh penyerbukan sendiri ataupun silang dengan bantuan sendiri ataupun serangga. Buah yang terbentuk seperti polong-polongan, tetapi ukurannya kecil, ramping dan panjangnya sekitar 3-5 mm (Rukmana, 1994).

Sistem perakaran relatif dangkal, dapat menembus kedalaman 60-70 cm. Akar yang baru tumbuh berukuran 0,5 mm, tetapi setelah berumur 1-2 bulan

sistem perakaran menyebar ke samping pada kedalaman antara 20-30 cm (Rukmana, 1994).

Panen bunga brokoli dilakukan setelah umurnya mencapai 60-90 hari sejak ditanam, sebelum bunganya mekar, dan sewaktu kropnya masih berwarna hijau. Jika bunganya mekar, tangkai bunga akan memanjang dan keluarlah kuntum-kuntum bunga berwarna kuning (Dalimartha, 1999).

2.2.2 Kandungan dan Manfaat Brokoli

Allah berfirman dalam al-Qur'an surat Asy-Syu'araa': 7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمَا أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: *“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”* (Q.S Asy-Syu'araa': 7)

Ayat di atas menerangkan bahwa jika manusia memperhatikan bumi yang diciptakan Allah SWT dengan baik, maka manusia akan mengetahui bahwa Allah telah menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan dan buah-buahan dengan beragam warna dan bentuk yang merupakan bukti kekuasaan Allah SWT (Tafsir Muyassar, 2007).

Brokoli mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, zat besi, vitamin (A, C, E, tiamin, riboflavin, nikotinamid), beta karoten, dan glutation (tabel 2.1). Selain itu brokoli mengandung senyawa sianohidroksibutena (CHB), sulforafan, dan iberin yang merangsang pembentukan glutation

(Dalimartha, 1999). Bunga brokoli digunakan untuk mempercepat penyembuhan, mencegah dan menghambat perkembangan sel kanker (Dalimartha, 1999), yang disebabkan oleh adanya kandungan karotenoid (beta-karoten), indol, dan sulforafan (Hembing, 2008).

Tabel 2.1: Kandungan Brokoli

Komposisi	Nilai Kandungan
Air (%)	89.1
Energy (Kal)	32
Protein (%)	3.6
Lemak (%)	0.3
Karbohidrat (%)	5.9
Kalsium (mg)	103
Fosfor (mg)	78
Besi (mg)	1.1
Sodium (mg)	15
Potasium (mg)	382
Magnesium (mg)	24
Vitamin A (IU)	2500
Thiamin (mg)	0.1
Robovlafin (mg)	0.23
Niasin (mg)	0.9
Vitamin C (mg)	113

Sumber: Salunke, Pao, dan Dull (1976)

2.2.3 Panen dan Penanganan Pascapanen

Sayuran dan buah-buahan saat dipanen akan mengalami perubahan mutu atau kualitas. Mutu sayuran dan buah-buahan tersebut berangsur-angsur turun sejalan dengan transpirasi, respirasi, perubahan fisika dan biokimia yang lain terjadi. Akhirnya oleh aktivitas enzim dan mikroorganisme perusak, produk hasil tanaman akan mencapai suatu titik kerusakan yang tidak dapat lagi diterima oleh konsumen atau oleh pengolah. Selama pertumbuhan dan pemasakan, sayuran dan buah sangat bergantung pada fotosintesis dan penyerapan air maupun mineral

tanaman induknya. Tetapi setelah pemetikan, buah atau sayuran merupakan suatu unit tersendiri yang tidak lagi bergantung pada tanaman induknya sehingga proses respirasi dan transpirasi merupakan fungsi utamanya (Harris, 1989).

Brokoli segar mengalami penurunan mutu dengan sangat cepat sesaat setelah panen, hal ini disebabkan oleh respirasi yang relatif tinggi dan akan mudah mengalami kelayuan saat penyimpanan pada suhu ruang (Gillies & Toivonen, 1995). Brokoli yang baru dipanen tersusun atas jaringan yang belum sempurna, kepala brokoli menunjukkan senescence dan degradasi klorofil yang sangat cepat (Clarke et al., 1994; Corcuff *et al.*, 1996)

Penanganan pascapanen yang harus dilakukan dengan hati-hati untuk menaikkan kualitas brokoli agar penurunan mutu dapat diperkecil. Sifat-sifat penting yang menentukan kualitas brokoli adalah kepadatan, warna, keutuhan, dan besarnya diameter bunga. Brokoli mempunyai daya tahan sangat rendah setelah panen, kuncup bunganya akan cepat membuka dan berkembang. Warna bunga juga akan cepat berubah dari hijau ke kuning. Laju respirasi yang cepat menjadi ciri sayuran ini karena bagian bunga adalah organ yang disusun oleh jaringan muda dan sangat aktif dalam proses biologis (Sabari, 1994).

Penanganan pascapanen adalah segala upaya untuk menyiapkan hasil produksi pertanian setelah pemanenan, yang dimulai dari pengumpulan hasil dan akan berakhir pada tahap pemasaran. Macam upaya ini tergantung dari jenis bahan pangan hasil panen tersebut, diantaranya pengeringan, pengangkutan (transport), penyimpanan, dan seleksi (Cahyono, 2001). Tujuan utama pasca panen adalah untuk menyiapkan hasil panen agar tahan disimpan jangka panjang

tanpa mengalami kerusakan terlalu banyak dan dapat dipasarkan dalam kondisi baik, tidak banyak terbuang karena rusak (Sediaoetama, 2000).

Rubatzky (1998) mengatakan tanaman kubis-kubisan seperti kubis bunga, brokoli, kale, dan *collard* cenderung cepat mengalami desikasi (pengeringan). Karena itu, penyimpanan pada suhu rendah sangat diperlukan pada komoditas ini. Brokoli biasanya disimpan kurang dari 1 minggu pada suhu 0-5°C atau pada suhu rendah. Tanaman kubis-kubisan sering dikemas untuk mempertahankan kesegarannya dan kerusakan jaringan.

2.2.4 Susut sayur-sayuran dan Buah-buahan setelah Dipanen

Menurut Pujimulyani (2009) penanganan sayur-sayuran dan buah-buahan perlu hati-hati, karena jika tidak hati-hati dapat menyebabkan susut pasca panen yang besar. Sayur-sayuran dan buah-buahan setelah dipanen akan mengalami susut baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif yang akan berdampak negatif, seperti penurunan harga. Susut setelah panen meliputi susut fisik, susut mutu dan susut gizi.

1. Susut fisik

Susut fisik terjadi pada sayur-sayuran dan buah-buahan terutama yang mengalami transpirasi cepat, sehingga layu dan berakibat bobotnya berkurang. Susut bagian yang dapat dimakan dapat disebabkan oleh serangan jamur, bakteri maupun dampak dari masih berlangsungnya proses respirasi.

2. Susut mutu

Susut mutu yaitu terjadinya kemunduran mutu dari sayur-sayuran dan buah-buahan, misalnya sayur-sayuran hijau berubah menjadi berwarna kuning atau daunnya rontok, contoh yang lain misal: buah-buahan bertekstur lunak apabila tidak segera dikonsumsi berubah menjadi sangat lunak dan berair (busuk).

3. Susut gizi

Susut gizi terjadi pada sayur-sayuran dan buah-buahan misal buah-buahan mengandung vitamin C dan vitamin A, karena pengaruh cahaya maka akan terjadi oksidasi sehingga kandungan vitamin C dan A menurun.

2.2.5 Vitamin C

Vitamin merupakan suatu molekul organik yang sangat diperlukan tubuh untuk proses metabolisme dan pertumbuhan yang normal. Vitamin-vitamin tidak dapat dibuat oleh tubuh manusia dalam jumlah yang cukup, oleh karena itu harus diperoleh dari bahan pangan yang dikonsumsi (Winarno, 2004). Brokoli memiliki kandungan vitamin C yang tinggi, sehingga brokoli juga merupakan sumber vitamin C yang baik bagi tubuh. Vitamin C merupakan vitamin yang mudah rusak, oleh karena itu vitamin C merupakan indikator kualitas bahan pangan yang layak konsumsi.

Vitamin C disebut juga asam askorbat, merupakan vitamin yang paling sederhana, mudah berubah akibat oksidasi, tetapi amat berguna bagi manusia. Struktur kimianya terdiri dari rantai 6 atom C dan kedudukannya tidak stabil

($C_6H_8O_6$), karena mudah bereaksi dengan O_2 di udara menjadi asam dehidroaskorbat. Vitamin ini merupakan *fresh food* vitamin karena sumber utamanya adalah buah-buahan dan sayuran segar. Berbagai sumbernya adalah jeruk, brokoli, brussel sprout, kubis, lobak dan strowberi. Vitamin C pada tumbuhan merupakan metabolit sekunder, karena terbentuk dari glukosa melalui jalur asam D-glukoronat dan L-gulonat. Pada manusia, binatang menyusui tingkat tinggi, dan marmot, biosintesis ini tidak terjadi, karena adanya hambatan biosintetik yang sifatnya genetik antara L-golonolakton dan 2 keto-L-gulonolakton sehingga untuk spesies tersebut vitamin C merupakan faktor penting dalam makanan (Safaryani, 2007).

Sifat vitamin C adalah mudah berubah akibat oksidasi namun stabil jika merupakan kristal (murni). Penyimpanan pada suhu rendah dapat mengurangi kegiatan respirasi dan metabolisme, memperlambat proses penuaan, mencegah kehilangan air dan mencegah kelayuan. Namun walaupun dalam keadaan temperatur rendah dan kelembaban terpelihara, 50% vitamin C akan hilang dalam 3-5 bulan (Safaryani, 2007).

Dalam larutan air vitamin C mudah dioksidasi, terutama apabila dipanaskan. Oksidasi dipercepat apabila ada tembaga atau suasana alkalis. Kehilangan vitamin C sering terjadi pada pengolahan, pengeringan, dan cahaya. Vitamin C penting dalam pembuatan zat-zat interseluler, kolagen. Vitamin ini tersebar ke seluruh tubuh dalam jaringan ikat, rangka, matriks, dan lain-lain. Vitamin C berperan penting dalam hidroksilasi prolin dan lisin menjadi

hidroksiprolin dan hidroksilisin yang merupakan bahan pembentuk kolagen tersebut (Poedjiadi, 2006).

Asam askorbat adalah suatu turunan heksosa dan diklasifikasikan sebagai karbohidrat yang erat berkaitan dengan monosakarida. Vitamin C dapat disintesis dari D-glukosa dan D-galaktosa dalam tumbuh-tumbuhan dan sebagian besar hewan. Vitamin C terdapat dalam dua bentuk di alam yaitu L-asam askorbat (bentuk tereduksi) dan L-asam dehidro askorbat (belum teroksidasi). Oksidasi bolak-balik L-asam dehidro askorbat terjadi apabila bersentuhan dengan tembaga, panas, atau alkali (Almatsier, 2009).

Vitamin C mempunyai banyak fungsi di dalam tubuh, sebagai koenzim atau kofaktor. Asam askorbat adalah bahan yang kuat kemampuan reduksinya dan bertindak sebagai antioksidan dalam reaksi-reaksi hidroksilasi. Beberapa turunan vitamin C (seperti asam eritrobik dan askorbik palmitat) digunakan sebagai antioksidan di dalam industri pangan untuk mencegah proses menjadi tengik, perubahan warna (*browning*) pada buah-buahan dan untuk mengawetkan daging (Almatsier, 2009).

Vitamin C (asam askorbinat) berfungsi (Almatsier, 2009):

- a) Sebagai aktivator macam-macam fermen perombak protein dan lemak,
- b) Sebagai zat yang penting dalam oksidasi dan dehidrasi dalam sel,
- c) Mempengaruhi kerja anak ginjal,
- d) Sebagai zat yang penting dalam pembentukan trombosit

Keadaan tubuh selama beberapa waktu mengalami kekurangan vitamin C, dapat menimbulkan :

- a) Kerusakan pada sel-sel endotel,
- b) Pembuluh kapiler kurang permeabel sehingga menimbulkan pendarahan dalam sumsum tulang dan kerusakan tulang,
- c) Gejala awal ditandai dengan pendarahan gusi, di bawah kulit, karies gigi dan mudah terserang sakit gigi (skorbutum).

Kebutuhan vitamin C bagi tiap individu berbeda, jelasnya sebagai berikut (Almatsier, 2009):

- 1) Pada bayi diperkirakan sekitar 30 mg per hari,
- 2) Pada anak-anak, sekitar 60 mg per hari,
- 3) Pada usia pertumbuhan, sekitar 90 mg per hari,
- 4) Pada orang dewasa, sekitar 75 mg per hari,
- 5) Pada wanita hamil, sekitar 100 mg per hari, dan
- 6) Pada wanita/ibu yang menyusui, sekitar 150 mg per hari.

Vitamin C atau asam askorbat adalah salah satu vitamin larut air yang mudah mengalami kerusakan oleh reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi vitamin C akan membentuk asam L-dehidroaskorbat yang sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak memiliki kereaktifan sebagai vitamin C. Reaksi oksidasi vitamin C melibatkan oksigen sehingga keberadaan oksigen akan memicu terjadinya reaksi. Struktur kimia vitamin C mengandung gugus-gugus reaktif yang mudah teroksidasi oleh oksigen. Vitamin C mudah rusak selama pemasakan dan penyimpanan. Reaksi oksidasi

vitamin C akan berlangsung lebih cepat oleh adanya pemanasan, cahaya, alkali, oksidator dan katalis. Untuk meminimalkan kerusakan vitamin C, pengemasan dan pengendalian suhu pemasakan menjadi sangat penting. Karena sifatnya yang mudah teroksidasi, vitamin C merupakan salah satu bahan tambahan pangan yang sering digunakan dalam formulasi produk pangan sebagai antioksidan (Kusnandar, 2010).

2.2.5 Respirasi

Buah-buahan merupakan komoditas yang mudah rusak, karena proses fisiologis, mikrobiologis, fisik, dan mekanis. Kerusakan karena proses fisiologis disebabkan oleh reaksi-reaksi metabolisme dalam bahan makanan yang terjadi secara alamiah, sehingga mengakibatkan terjadinya pembusukan. Kerusakan mikrobiologis disebabkan oleh aktivitas mikroba yang menginfeksi buah-buahan. Kerusakan fisik dapat disebabkan cara permanen, hal ini dapat mengakibatkan buah memar sehingga transpirasi cepat. Kerusakan secara mekanis dapat terjadi karena penanganan pascapanen, pengemasan, dan pengangkutan dengan kondisi kurang baik (Pujimulyani, 2009).

Buah-buahan yang telah dipisahkan dari tanaman induknya masih terjadi kegiatan-kegiatan metabolisme seperti transpirasi dan respirasi. Transpirasi adalah proses kehilangan air dari suatu hasil pertanian. Transpirasi merupakan penyebab utama dari kerusakan selama penyimpanan. Transpirasi yang cepat dapat mengakibatkan bahan menjadi layu atau berkerut, sehingga perlu dicegah atau dikurangi (Pujimulyani, 2009).

Menurut Susanto (1994), respirasi merupakan perombakan bahan yang lebih kompleks di dalam sel seperti pati, gula, dan asam organik dengan bantuan oksigen (oksidatif) menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti karbondioksida, air, sekaligus yang dihasilkan energi dan molekul lainnya yang bisa dipakai sel dalam reaksi sintesa. Kecepatan respirasi buah dan sayur merupakan petunjuk yang jelas untuk mengetahui aktivitas metabolisme jaringan sel. Oleh sebab itu besar kecilnya hasil respirasi dipakai dasar untuk menentukan daya simpan buah dan sayur.

Respirasi merupakan proses penggabungan O_2 dari udara dengan unsur karbon di dalam jaringan terutama gula. Kegiatan respirasi ini merupakan kegiatan metabolisme yang penting, karena selama proses respirasi terjadi perubahan secara fisik, kimia, dan biologi pada produk segar yang disimpan. Laju respirasi dapat digunakan sebagai ukuran aktifitas fisiologi buah. Perubahan laju respirasi dapat dipengaruhi dengan berkurangnya komposisi O_2 tergantung pada kondisi fisiologi buah (Pantastico 1993).

Respirasi pada dasarnya merupakan proses katabolisme dengan tujuan memperoleh energi yang diperlukan untuk proses-proses kehidupan. Umumnya buah-buahan menunjukkan kenaikan aktivitas respirasi, setelah buah-buahan dipetik. Kecepatan respirasi dapat menunjukkan bahwa cepat atau tidaknya perubahan komposisi yang terjadi dalam jaringan atau cepat lambatnya kerusakan buah-buahan. Hal tersebut menunjukkan bahwa respirasi yang berlangsung dalam buah-buahan berhubungan erat dengan umur simpannya. Respirasi tinggi biasanya disertai dengan ketahanan simpan yang pendek, karena buah-buahan yang cepat

mengonsumsi oksigen serta membebaskan karbondioksida pada umumnya bersifat mudah rusak. Factor-faktor yang mempengaruhi kecepatan respirasi meliputi factor internal dan faktof eksternal. Factor internal meliputi (Pujimulyani, 2009):

1. Tingkat Perkembangan

secara umum pada buah yang muda mempunyai kecepatan respirasi yang tinggi. kecepatan respirasi buah klimaterik dari periode pembelahan sel akan meurun sampai periode permulaan pematangan, kemudian kecepatan respirasinya meningkat secara menonjol sampai puncak pada periode pematangan, selanjutnya terjadi penurunan respirasi pada saat senensi (lewat matang).

2. Besarnya komoditas

Semakin besar volume buah, maka semakin kecil luas permukaan buah tersebut persatuan berat, demikian pula sebaliknya semakin kecil ukuran buah, maka semakin besar luas permukaan buah tersebut. Buah yang mempunyai luas permukaan yang besar, maka buah tersebut akan mempunyai kesempatan kontak dengan udara (oksigen) yang besar (oksigen yang berdifusi besar), sehingga kecepatan respirasinya besar, misalnya buah apel yang berukuran besar, maka kecepatan respirasinya lebih rendah dibanding buah apel yang mempunyai ukuran kecil.

3. Kulit berlapis lilin (penutup alamiah)

Sayur-sayuran dan buah-buahan yang mempunyai kulit berlapis lilin akan mempunyai kecepatan respirasi yang rendah. Hal ini diduga disebabkan

karbondioksida terakumulasi di dalam ruangan tertutup kulit sehingga menghambat kecepatan respirasi dan difusi oksigen ke dalam buah terhambat oleh adanya lapisan lilin pada kulit.

4. Tipe jaringan

Jaringan sayur-sayuran dan buah-buahan yang masih muda lebih aktif melakukan metabolisme dibanding jaringan yang tua, termasuk kegiatan respirasi.

5. Komposisi kimia jaringan

Senyawa penyusun jaringan akan mempengaruhi kecepatan respirasi dari suatu jaringan. Hal ini karena kecepatan respirasi dipengaruhi oleh senyawa yang dipecah selama respirasi.

Respirasi pada sayur-sayuran dan buah-buahan selain dipengaruhi faktor internal juga dipengaruhi faktor eksternal (Pujimulyani, 2009):

1. Suhu

Secara umum kecepatan respirasi naik dengan naiknya suhu. Buah klimaterik yang disimpan pada suhu 0°C mempunyai kecepatan respirasi rendah dan kecepatan respirasinya tinggi serta jika suhu dinaikkan menjadi 7,5°C dan jika suhu dinaikkan sampai 20°C meningkat tajam.

2. Oksigen

Respirasi oksidatif dapat berlangsung dengan adanya oksigen. Semakin kecil jumlah oksigen, maka kecepatan respirasi dari suatu komoditas juga semakin kecil. Demikian juga sebaliknya, semakin besar jumlah oksigen sampai kadar tertentu, maka kecepatan respirasi semakin besar pula.

3. Karbondioksida

Secara umum semakin banyak konsentrasi karbondioksida, maka respirasi akan dihambat, tetapi jika kadar karbondioksida melebihi 20% maka yang terjadi adalah kenaikan kecepatan respirasi anaerob.

4. Hormon-hormon tanaman

Ada 5 jenis hormon tanaman yaitu etilen, auxin, sitokinin, gibberellin, dan absisin. Gas etilen merupakan hormon yang berperan dalam pematangan buah-buahan, sedangkan auxin, sitokinin, dan gibberellin dapat digunakan untuk menghambat pematangan.

5. Etilen

Etilen merupakan senyawa yang mudah menguap yang dihasilkan oleh sayur-sayuran dan buah-buahan dan merupakan komponen yang dapat menstimulasi pemasakan.

6. Luka mekanis

Adanya luka mekanis dapat memicu respirasi, karena kontak enzim, substrat dan oksigen lebih baik dibanding di tempat yang tidak luka. Secara umum makin banyak luka atau memar pada sayur-sayuran atau buah-buahan akan mempercepat laju respirasi, sehingga buah yang terkena luka mekanis cepat matang.

2.3 Coating

Pelapisan atau *coating* adalah suatu metode pemberian lapisan tipis pada permukaan buah untuk menghambat keluarnya gas, uap air dan kontak dengan oksigen, sehingga proses pemasakan dan reaksi pencoklatan buah dapat dihambat.

Lapisan yang ditambahkan di permukaan buah ini tidak berbahaya bila ikut dikonsumsi bersama buah. Bahan yang dapat digunakan sebagai *coating* harus dapat membentuk suatu lapisan penghalang kandungan air dalam buah dan dapat mempertahankan mutu serta tidak mencemari lingkungan misalnya *edible coating* (Isnaini, 2009). Kitosan adalah salah satu alternatif sebagai bahan pelapis alami yang tidak beracun dan aman bagi kesehatan (Kays, 1991).

Edible coating dapat membentuk suatu pelindung pada bahan pangan karena berperan sebagai *barrier* yang menjaga kelembaban, bersifat permeabel terhadap gas-gas tertentu, dan dapat mengontrol migrasi komponen-komponen larut air yang dapat menyebabkan perubahan komposisi nutrisi. *Edible coating* digunakan pada buah-buahan dan sayuran untuk mengurangi terjadinya kehilangan kelembaban, memperbaiki penampilan, sebagai *barrier* untuk pertukaran gas dari produk ke lingkungan atau sebaliknya, serta sebagai antifungal dan antimikroba (Krotcha *et al.*, 1994).

Pemanfaatan *edible coating* merupakan salah satu metode untuk memperpanjang umur simpan produk pertanian, mengurangi penurunan kualitas dan kehilangan hasil. *Edible coating* pada buah dan sayuran berprospek untuk memperbaiki umur simpan buah dan sayuran.

Beberapa teknik aplikasi *edible coating* yaitu (Krochta, 1994):

1. Pencelupan (*dipping*)

Keunggulan teknik pencelupan adalah bahan *edible coating* dapat melapisi permukaan buah secara merata dan telah banyak diaplikasikan pada daging, ikan, produk ternak, buah, dan sayuran.

2. Penyemprotan (*spraying*)

Teknik ini menghasilkan produk dengan lapisan tipis dan biasa digunakan untuk produk yang mempunyai dua sisi, seperti pada produk pizza.

3. Pemolesan (*brushing*)

Teknik ini digunakan untuk memoleskan *edible coating* pada produk. *Edible film* atau coating telah diteliti kemampuannya dalam mengurangi kehilangan akan air, oksigen, aroma, dan bahan terlarut pada beberapa produk. Sehingga ini menjadi salah satu metode paling efektif untuk menjaga kualitas makanan. Kemampuan ini dapat ditingkatkan lagi dengan penambahan antioksidan, antimikroba, pewarna, flavor, *fortified nutrient* dan rempah.

2.3.1 Kitosan

Tafsir Muyassar (2007) menyebutkan bahwa dalam Q.S Al-Hijr ayat 20 Allah SWT menjadikan di bumi sumber rezki dan kehidupan bagi manusia dan binatang, dari biji-bijian, buah-buahan, sayur-sayuran, dan berbagai macam mineral tambang. Dia-lah yang memberi rezki dan menjamin makanan setiap makhluk.

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ

Artinya: “Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-sekali bukan pemberi rezki kepadanya” (Q.S Al-Hijr: 20).

Tidak ada makhluk di dunia ini yang diciptakan tanpa adanya manfaat untuk umat manusia meskipun makhluk tersebut bukanlah makhluk yang dapat memberikan rizki, seperti halnya cangkang udang-udangan. Cangkang udang-udangan yang lebih sering menjadi limbah ternyata bermanfaat untuk umat manusia. Cangkang udang-udangan ini dapat dijadikan kitosan sebagai pengawet bahan pangan.

Kitosan adalah biopolimer alami terutama sebagai penyusun cangkang (kulit-kulit keras), udang-udangan, dan serangga, serta penyusun dinding sel ragi dan jamur. Sifat kitosan yang khas seperti biodegradasi dan kelihatannya kitosan dapat memberikan kegunaan yang diterapkan dalam berbagai bidang (Manskarya dan Drosora, 1968).

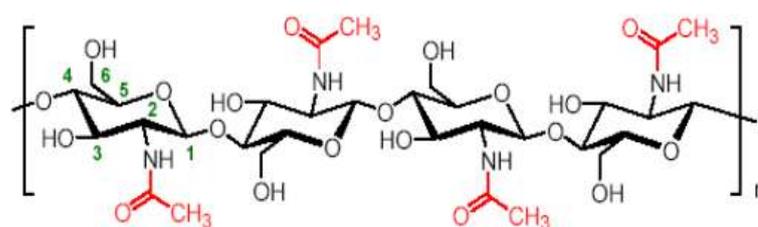
Kitosan merupakan produk turunan dari polimer kitin yaitu produk samping (limbah) dari pengolahan industri perikanan, khususnya udang dan rajungan. Limbah kepala udang mencapai 35-50% dari total berat udang. Kadar kitin dalam limbah kepala udang berkisar antara 60-70% dan bila diproses menjadi kitosan menghasilkan 15-20% (Novita, 2012).

Harianingsih (2010) menjelaskan bahwa kitin merupakan polimer linier yang tersusun oleh 2000-3000 monomer n-asetil D-glukosamin dalam ikatan $\beta(1-4)$ atau 2-asetamida-2-deoksi-D-glukopiranol dengan rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_n$. Kitin mudah mengalami degradasi secara biologis, tidak beracun, tidak larut dalam air, asam anorganik encer, dan asam-asam organik, tetapi larut dalam larutan dimetil asetamida dan litium klorida.

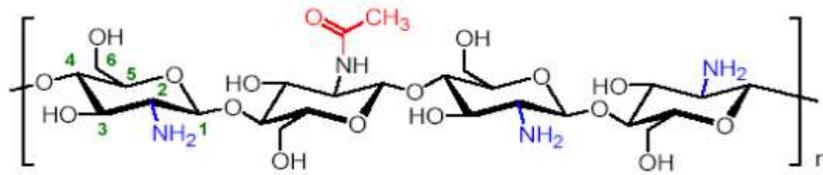
Beberapa penelitian menyebutkan kemampuan pelapisan atau *coating* kitosan untuk memperpanjang masa simpan dan mengontrol kerusakan buah dan sayuran lebih baik dengan menurunkan kecepatan respirasi, menghambat pertumbuhan kapang, dan menghambat pematangan dengan mengurangi produksi etilen dan karbondioksida. Kitosan memiliki kemampuan untuk membentuk film yang sesuai sebagai pengawet makanan dengan menghambat patogen psikotrofik. Penelitian yang dilakukan Dong (2003) membuktikan bahwa *coating* kitosan (2% kitosan dalam 5% asam asetat) mampu menghambat penurunan kandungan antosianin dan peningkatan aktivitas *polyphenol oxidase* pada penyimpanan leci.

2.3.2 Struktur Kitosan

Kitin dan kitosan memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang, salah satunya adalah sebagai adsorben logam berat. Kemampuan kitin dan kitosan dalam mengadsorpsi logam berat dipengaruhi oleh jumlah gugus $-NH_2$ yang ditunjukkan oleh derajat deasetilasi. Kitin merupakan rantai panjang polimerik polisakarida dari beta-glukosa yang dibangun dari unit β -(1,4)-2-asetamida-2-deoxy-D-glukosa (Gambar 2.2). Sedangkan kitosan memiliki struktur poli β (1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 Struktur kitin



Gambar 2.3 Struktur Kitosan

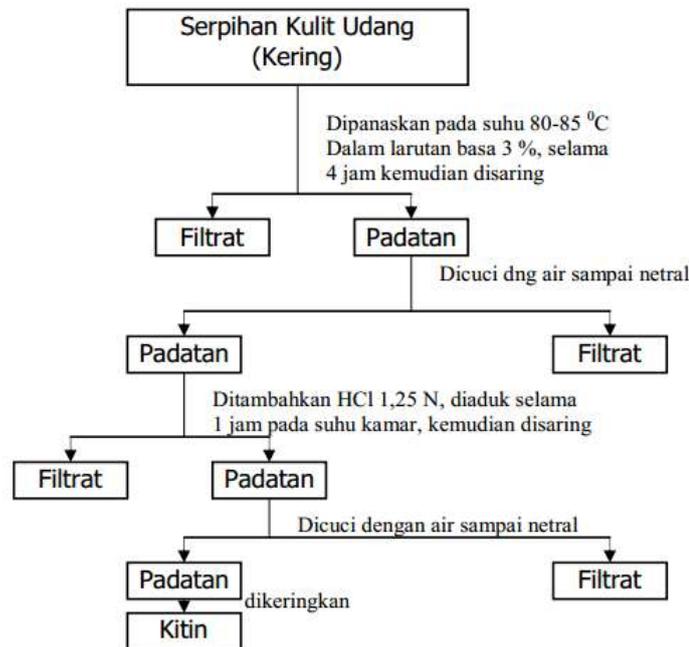
Perbedaan kitin dan kitosan terletak pada perbandingan gugus amina ($-\text{NH}_2$) dengan gugus asetil ($-\text{OCH}_3$) yang disebut derajat deasetilasi. Menurut Thate (2004) dalam disertasinya disebutkan bahwa kitosan memiliki derajat deasetilasi lebih dari 70%, sedangkan kitin memiliki derajat deasetilasi kurang dari 70%. Menurut keterangan tersebut, kitin dapat disintesis menjadi kitosan dengan cara mengganti gugus asetil menjadi gugus amina (proses deasetilasi).

2.3.3 Proses Pembuatan kitosan

Menurut Sanusi (2004) proses pembuatan kitosan adalah sebagai berikut:

1. Penghilangan protein (Deproteinasi)

Larutan NaOH 3% digunakan untuk mencuci dan menghilangkan protein pada kulit udang, mula-mula larutan natrium hidroksida 3% dicampur dengan perbandingan 6:1, lalu dipanaskan pada suhu $80\text{--}85^\circ\text{C}$ selama empat jam. Selanjutnya, larutan didinginkan dan disaring sehingga didapatkan padatan. Padatan dicuci dengan air sampai pH netral, kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam (Gambar 2.4)



Gambar 2.4 Proses isolasi kitin dari cangkang udang

2. Penghilangan garam mineral (Demineralisasi)

Kulit udang yang telah mengalami penghilangan protein dicampur dengan HCl 1,25 N dengan perbandingan 10:1, lalu dipanaskan tiga kali pada suhu 70–75⁰C selama satu jam. Setelah pemanasan, padatan dicuci sampai pH netral. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80⁰C selama 24 jam. Kitin yang dihasilkan disimpan dalam kantong plastik untuk siap digunakan.

3. Konversi kitin menjadi kitosan

250 gram kitosan yang diperoleh dengan deasetilasi dari kitin dengan menambahkan NaOH 50% (b/v) dengan perbandingan 10:1, 15:1, dan 20:1, lalu dipanaskan pada suhu 70-75⁰C dan waktu satu jam. Padatan yang diperoleh dicuci dengan air sampai pH netral sebelum dikeringkan pada suhu 80⁰C selama 24 jam. Kitosan yang diperoleh ditimbang dan disimpan dalam kantong plastik pada suhu

kamar. Konversi kitin menjadi kitosan tersebut dilakukan sesuai diagram pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses konversi kitin menjadi kitosan

2.3.4 Sifat-sifat Kitosan

Kitosan dihasilkan dari deasetilasi kitin. Kitosan dalam bentuk kationik, bentuk kitosan yang tidak larut dalam air akan membentuk polielektronik dengan anion polielektronik. Kitosan telah digunakan dalam bidang biomedikal dan farmasi karena kitosan bersifat biokompatibel, biodegradasi dan tidak beracun. Menurut Meriaty (2002) sifat basa ini menjadikan kitosan dapat larut dalam media asam encer membentuk larutan yang kental sehingga dapat digunakan dalam pembuatan gel. Dalam beberapa variasi konfigurasi seperti butiran, membran, pelapis kapsul, serat dan spons, membentuk kompleks yang tidak larut dengan air dengan polianion yang dapat juga digunakan untuk pembuatan butiran gel, kapsul dan membrane, dapat digunakan sebagai pengkelat ion logam berat dimana gelnya menyediakan sistem produksi terhadap efek destruksi dari ion.

Dua faktor utama yang menjadi ciri dari kitosan adalah viskositas atau berat molekul dan derajat deasetilasi. Oleh sebab itu, pengendalian kedua parameter tersebut dalam proses pengolahannya akan menghasilkan kitosan yang bervariasi dalam penerapannya di berbagai bidang. Misalnya kemampuan kitosan membentuk gel dalam N-methyl morpholine-N-oxide, belakangan ini telah dimanfaatkan untuk formulasi obat. Derajat deasetilasi dapat didefinisikan sebagai rasio 2-amino-2-deoxy-D-glucopiranososa dan 2-acetamido-2-deoxy-Dglukopyranose, dan menunjukkan sejauh mana proses deasetilasi berjalan. Derajat deasetilasi dan berat molekul berperan penting dalam kelarutan kitosan, sedangkan derajat deasetilasi sendiri berkaitan dengan kemampuan kitosan untuk membentuk interaksi isoelektrik dengan molekul lain (Harianingsih, 2010).

Deasetilasi kitin dilakukan dengan menambahkan NaOH. Deasetilasi kitin akan menghilangkan gugus asetil dan menyisakan gugus amino yang bermuatan positif, sehingga kitosan akan bersifat polikationik. Semakin banyak gugus asetil yang hilang dari polimer kitin, interaksi antar ion dan ikatan hidrogen dari kitosan akan semakin kuat (Harianingsih, 2010). Adanya gugus reaktif amino pada C-2 dan gugus hidroksil pada C-3 dan C-6 pada kitosan sangat berperan dalam berbagai aplikasinya, misalnya sebagai bahan pengawet, penyetabil warna, flokulan, membantu proses *reverse* osmosis dalam penjernihan air, dan sebagai bahan aditif untuk proses agrokimia dan pengawet benih (Shahidi *et al*, 1999).

Satu di antara manfaat kitosan adalah sebagai antibakteri, kitosan memiliki sifat mekanisme penghambatan, dimana kitosan akan berikatan dengan protein membran sel, yaitu glutamat yang merupakan komponen membran sel.

Pada *E.coli* misalnya, setelah 60 menit, komponen enzim β galaktosidase akan terlepas. Hal ini menunjukkan bahwa sitoplasma dapat keluar sambil membawa metabolit lainnya, atau dengan kata lain mengalami lisis, yang akan menghambat pembelahan sel (regenerasi). Hal ini akan menyebabkan kematian sel (Harianingsih, 2010).

2.3.5 Manfaat Kitosan

Kitosan diketahui mempunyai kemampuan untuk membentuk gel, film dan fiber, karena berat molekulnya yang tinggi dan solubilitasnya dalam larutan asam encer (Harianingsih, 2010). Kitosan telah digunakan secara luas di industri makanan, kosmetik, kesehatan, farmasi dan pertanian serta pada pengolahan air limbah. Di industri makanan, kitosan dapat digunakan sebagai suspensi padat, pengawet, penyetabil warna, penyetabil makanan, bahan pengisi, pembentuk gel, tambahan makanan hewan dan sebagainya. Aplikasi kitosan dalam bidang pangan dapat dilihat pada tabel 2.2 (Shahidi *et al*, 1999).

Tabel 2.2: Aplikasi kitosan dalam industri pangan:

Aplikasi	Contoh
Antimikroba	Bakterisidal, fungisidal, pengukur kontaminasi jamur pada komoditi pertanian.
Edible coating	Mengatur perpindahan uap antara makanan dan lingkungan sekitar, menahan pelepasan zat-zat antimikroba, antioksidan, nutrisi, flavor, dan obat, mereduksi tekanan parsial oksigen, pengatur suhu, menahan proses browning enzimatis pada buah
Bahan aditif	Mempertahankan flavor alami, bahan Pengontrol tekstur, bahan pengemulsi, bahan pengental, stabilizer, dan penyetabil warna.
Nutrisi	Sebagai serat diet, penurun kolesterol persediaan dan tambahan makanan ikan, mereduksi penyerapan lemak, memproduksi protein sel tunggal, bahan anti gastritis (radang lambung), dan sebagai bahan makanan bayi.

Sumber: (Shahidi, 1999)

2.3.6 Karakteristik Kitosan sebagai Antimikroba

Kitosan dan turunannya telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang misalnya dalam bidang pangan, mikrobiologi, pertanian farmasi, dan sebagainya.

Kitosan memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki struktur yang mirip dengan serat selulosa yang terdapat pada buah dan sayuran. Keunggulan lain yang sangat penting adalah kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan dan membunuh mikroba atau sebagai zat antibakteri, diantaranya kitosan dapat menghambat pertumbuhan berbagai mikroba penyebab penyakit tifus yang resisten terhadap antibiotik yang ada (Hardjito, 2006).

Berbagai hipotesa yang sampai saat ini masih berkembang mengenai mekanisme kerja kitosan sebagai antibakteri adalah sifat afinitas yang dimiliki oleh kitosan yang sangat kuat dengan DNA mikroba sehingga dapat berikatan dengan DNA yang kemudian dalam proses sintesis protein kitosan mengacaukan mRNA sehingga proses sintesis protein terhambat (Hardjito 2006). Sifat afinitas antimikroba dari kitosan dalam melawan bakteri atau mikroorganisme tergantung dari berat molekul dan derajat deasetilasi. Berat molekul dan derajat deasetilasi yang lebih besar menunjukkan aktifitas antimikroba yang lebih besar (No *et al.* 2002). Selain itu potensi kitosan sebagai zat antibakteri didasarkan pada interaksi awal antara kitosan dan bakteri yang bersifat elektrostatis. Kitosan memiliki gugus fungsional amina ($-NH_2$) yang bermuatan positif yang sangat reaktif, sehingga mampu berikatan dengan dinding sel bakteri yang bermuatan negatif. Ikatan ini terjadi pada situs elektronegatif di permukaan dinding sel bakteri. Selain itu, karena $-NH_2$ juga memiliki pasangan elektron bebas, maka gugus ini dapat menarik mineral Ca^{2+} yang terdapat pada dinding sel bakteri dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi (Jeon dan Kim 2000).

Helander (2001) menyatakan bahwa reduksi sejumlah sel bakteri disebabkan oleh perubahan permukaan sel dan kehilangan fungsi pelindung dalam sel bakteri tersebut. Bakteri gram negatif dengan lipopolisakarida dalam lapisan luarnya memiliki kutub negatif yang sangat sensitif terhadap kitosan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tsai (1999), menemukan bahwa kitosan dapat menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Adanya penghambatan ini disebabkan oleh adanya sifat keelektronegatifan dari permukaan sel *E.coli*. Perubahan dalam potensial permukaan *E.coli* selama pertumbuhan, yaitu terjadinya peningkatan keelektronegatifan seiring dengan peningkatan umur sel, yaitu sampai pertumbuhan lambat, namun sifat keelektronegatifan akan menurun setelah bakteri mencapai fase stasioner.

Darmanto (2011) mengatakan aktivitas antimikroba kitosan terhadap *Staphylococcus aureus* telah diteliti secara luas. Menurut beberapa penulis mekanisme aktivitas antimikroba dari kitosan terhadap *Staphylococcus aureus* yaitu kitosan akan membentuk membran polimer pada permukaan sel *Staphylococcus aureus* sehingga akan menghambat nutrisi masuk ke dalam sel. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus amina pada kitosan yang mempunyai muatan kationik yang dapat mengikat sumber makan bagi bakteri tersebut seperti alginat, pektin, protein, dan polielektrolit anorganik seperti polifosfat. Aktivitas antibakteri kitosan terhadap *Staphylococcus aureus* meningkat dengan peningkatan berat molekul kitosan. Selain itu, aktivitas antibakteri kitosan dipengaruhi oleh derajat deasetilasi, konsentrasi dalam larutan, dan pH media.

Pada penelitian ini film kitosan tidak menunjukkan adanya zona hambatan pada *Staphylococcus aureus*.

Menurut Gomez-Estaca *et al* (2010) kitosan dalam bentuk film tidak mengalami perpindahan agent aktif yang berfungsi sebagai antibakteri. Organisme akan terhambat pertumbuhannya apabila berkontak langsung dengan sisi aktif dari film kitosan tersebut. Kitosan yang dalam bentuk film tidak bisa berdifusi sisi aktifnya yang bersifat sebagai antibakteri melalui media agar. Menurut Fernandez-Saiz, *et al* (2008) film kitosan bukan merupakan agen antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* dan hanya kitosan yang berbentuk gel atau larutan saja yang menunjukkan sifat biosida yang optimal, karena apabila kitosan dalam berbentuk gel atau larutan gugus amina akan mudah terprotonasi.