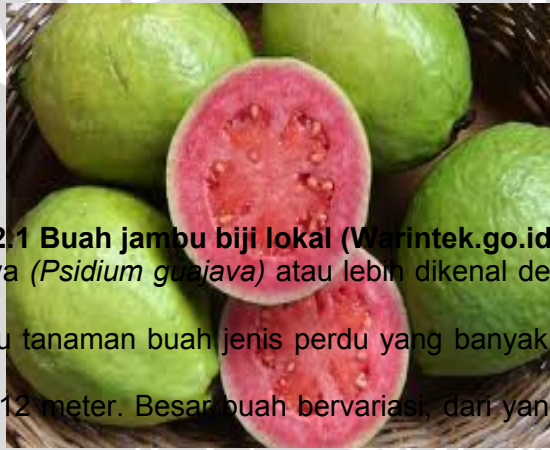


BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jambu Biji

2.1.1. Karakteristik Jambu Biji



Gambar 2.1 Buah jambu biji lokal (Warintek.go.id, 2010)

Guava (*Psidium guajava*) atau lebin dikenal dengan nama jambu biji adalah salah satu tanaman buah jenis perdu yang banyak bercabang, tingginya dapat mencapai 12 meter. Besar buah bervariasi, dari yang berdiameter 2,5 cm sampai dengan 12 cm (Soedarya, 2010).

Asal buah jambu biji ini diperkirakan berasal dari benua Amerika Tengah, yaitu di sekitar Meksiko dan Peru. Oleh pelaut Spanyol tanaman ini disebarkan ke Filipina, dan oleh bangsa Portugis disebarkan ke India. Setelah itu tanaman ini menyebar ke negara asia lainnya, salah satunya adalah Indonesia (Sumeru, 2006).

Hingga saat ini, buah jambu biji telah dibudidayakan dan menyebar luas di berbagai pulau di Indonesia. Jambu biji diperbanyak dengan persilangan melalui stek atau okulasi. Selain itu tunasnya juga dapat digunakan untuk memperbanyak buah jambu biji. (Soedarya, 2010; Sumeru, 2006).

2.1.2. Taksonomi Jambu Biji

Tanaman ini, jika diklasifikasikan, termasuk kelas tanaman biji

berkeping dua. Klasifikasi tanaman jambu biji adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (berpembuluh)
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Klas	: Magnoliopsida
Subklas	: Rosidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Myrtaceae
Subfamili	: Myrtoideae
Genus	: <i>Psidium</i>
Spesies	: <i>Psidium guajava L.</i>

(Soedarya, 2010)

2.1.3. Morfologi Buah Jambu Biji

Panjang buah jambu biji berkisar 4-12 cm, berbentuk bulat atau oval.

Kulit buah bagian luar kasar, pahit pada bagian kulit karena pektin, lembut dan manis pada bagian daging. Ketebalan kulit bervariasi, kulit biasanya berwarna hijau sebelum matang, lalu menjadi kuning, merah marun, atau hijau masak.

Memiliki aroma yang khas, tetapi kurang tajam (Soedarya, 2009)

2.1.4. Kandungan Gizi Jambu Biji

Tabel 2.1. Kandungan gizi dalam 100 gram buah jambu biji

Komponen	Jumlah
Kalori	36-50
Air	77-86 gram
Serat	2,8 – 5,5 gram
Protein	0,9 – 1,0 gram
Lemak	0,1 – 0,5 gram
Abu	0,43 – 0,7 gram
Karbohidrat	9,5 – 10 gram
Kalsium	9,1 – 17 mg

Fosfor	17,8 – 30 mg
Besi/Ferrum	0,30 – 0,70 mg
B-Karoten	374 µg
Asam Askorbat (vitamin C)	100 – 300 mg
Thiamin (vitamin B ₁)	0,046 mg
Riboflavin (vitamin B ₂)	0,03 – 0,04 mg
Niasin (vitamin B ₃)	0,6 – 1,068 mg
Bagian yang dimakan	82%

(Soedarya, 2010)

2.1.5. Jenis-jenis Jambu Biji

Bentuk buah jambu biji sangat bervariasi dari bulat hingga lonjong seperti buah pir, serta beraroma wangi. Pada dasarnya plasma nutfah jambu biji dapat di golongkan kedalam tiga jenis , yaitu terdiri atas :

1. Jambu biji biasa, mempunyai daging buah berwarna merah, berbiji banyak dan rasanya manis, contoh jambu klutuk atau jambu biji lokal.
2. Jambu susu, buahnya berbiji sedikit dan rasanya kurang manis. Contoh jambu susu.
3. Jambu Sukun, buahnya tidak berbiji, ukuran buah besar-besar, namun rasanya hambar. Contoh jambu apel.

Dari ketiga jenis jambu biji tadi, berdasarkan kandungan biji dalam buahnya dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Jambu biji berbiji dua atau diploid ($2n$), jambu biji berbiji ini dibedakan atas dua jenis menurut tingkat kemasakan buahnya di pohon, yaitu jambu biji yang mampu masak di pohon seperti jambu susu dan jambu biji yang buahnya tidak dapat masak di pohon misalnya jambu Bangkok.
2. Jambu biji tidak berbiji atau triploid ($3n$), jenis jambu ini buahnya tidak berbiji misalnya jambu apel.

(Soedarya, 2010)

2.1.6. Manfaat Jambu Biji

Diantara berbagai jenis buah, jambu biji (*Psidium guajava L.*) mengandung vitamin C paling tinggi dan cukup mengandung vitamin A. Vitamin C sangat baik sebagai zat antioksidan. Vitamin C pada jambu biji terkonsentrasi di kulit dan daging buah bagian luar yang lunak dan tebal. Selain pemasok vitamin C jambu biji kaya serat, khususnya pektin, yaitu serat yang larut air, yang bermanfaat untuk menurunkan kolesterol (Soedarya, 2010).

2.2. Klimaterik

Suatu fase yang kritis dalam kehidupan buah dan selama terjadinya proses ini banyak sekali perubahan yang berlangsung. Merupakan suatu keadaan "auto stimulation" dari dalam buah tersebut sehingga buah menjadi matang yang disertai peningkatan proses respirasi. Klimaterik juga merupakan suatu proses yang mendadak yang ditandai dengan pembentukan etilen yaitu

suatu senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang pada suhu ruang berbentuk gas. Selain itu klimaterik dapat diartikan sebagai suatu masa peralihan dari proses pertumbuhan menjadi layu.

Ada dua teori yang dapat digunakan untuk menerangkan terjadinya klimaterik yaitu

a. Teori perubahan fisik

Dalam proses klimaterik yang terjadi pada buah diperkirakan karena adanya perubahan permeabilitas dari sel. Perubahan tersebut akan menyebabkan enzim-enzim dan substrat yang semula dalam keadaan normal akan bergabung dan bereaksi satu dengan lainnya sehingga klimaterik terjadi (Dwiari, 2008).

b. Teori perubahan kimia.

Perubahan kimia diperkirakan dapat menyebabkan terjadinya klimaterik, karena selama proses pematangan kegiatan yang berlangsung di dalam sel buah meningkat sehingga memerlukan energi yang diperoleh dari ATP. Karena kebutuhan ATP meningkat maka mitokondria sebagai penghasil ATP juga terus mengalami peningkatan aktivitas produksi dan proses respirasi akan meningkat yang akhirnya menyebabkan peristiwa klimaterik (Dwiari, 2008).

2.3. Buah Klimaterik

Buah-buahan yang memproduksi CO_2 yang dikeluarkan akan terus menurun, kemudian pada saat senescence produksi CO_2 kembali meningkat dan selanjutnya menurun lagi selama proses respirasi. Selain itu buah klimaterik juga mengalami peningkatan secara mendadak selama pematangan buah (Dwiari, 2008).

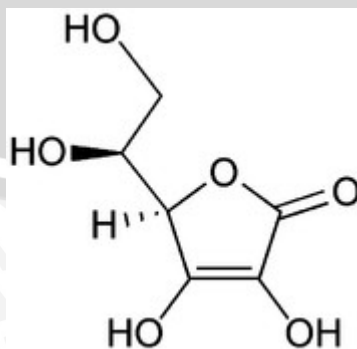
2.4. Vitamin C

2.4.1. Sifat vitamin C

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. Bagi tumbuhan sendiri fungsi vitamin C belum diketahui. Tetapi dari beberapa vitamin dapat diketahui dari kepentingannya dalam membantu aktivitas berbagai enzim, misalnya banyak vitamin B-kompleks merupakan koenzim beberapa enzim tertentu yang terdapat dalam sel hidup (Nurhayati, 2007).

Vitamin C adalah kristal putih yang mudah larut dalam air. Dalam keadaan kering vitamin C cukup stabil, tetapi dalam keadaan larut vitamin C mudah rusak karena bersentuhan dengan udara (oksidasi) terutama bila terkena panas. Vitamin C tidak stabil dalam larutan alkali, tetapi cukup stabil dalam larutan asam (Almatsier, 2003).

2.4.2. Susunan Kimia



Gambar 2.2 struktur kimia vitamin C (Wilson and gisvold)

Asam askorbat (vitamin C) adalah suatu turunan heksosa dan diklasifikasikan sebagai karbohidrat yang erat berkaitan dengan monosakarida. Vitamin C dapat disintesa dari D-Glukosa dan D-galaktosa dalam tumbuhan dan sebagian besar hewan (Almatsier, 2003)

Vitamin C dapat berbentuk sebagai asam L-askorbat dan L-dehidroaskorbat, keduanya mempunyai keaktifan sebagai vitamin C. Asam askorbat sangat mudah teroksidasi secara reversible menjadi asam L-dehidroaskorbat. Asam L-dehidroaskorbat secara kimia sangat labil dan dapat mengalami perubahan yang lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak memiliki keaktifan vitamin C lagi (Budianto, 2009).

2.4.3. Perubahan Vitamin C

Kandungan asam askorbat (vitamin C) akan mengalami penurunan selama penyimpanan terutama pada suhu penyimpanan yang tinggi. Kandungan asam askorbat setelah penyimpanan kira-kira setengah sampai dua per tiga dari waktu panen. Hal ini disebabkan asam askorbat mudah teroksidasi (Pantastico, 1993).

Vitamin C sangat sensitive terhadap panas, cahaya, dan oksigen. Pada makanan, vitamin C dapat berkurang maupun rusak secara keseluruhan akibat penyimpanan terlalu lama dan kematangan berlebih (DSM, 2009). Penyimpanan suatu produk akan mengalami penurunan nilai gizi khususnya vitamin C yang disebabkan terjadinya proses oksidasi. Penurunan tersebut juga dapat disebabkan karena reaksi pencoklatan non enzimatik, yang merupakan tahap awal dari berlangsungnya reaksi *maillard* karena asam askorbat

merupakan reduktor dan juga berfungsi sebagai pembentuk warna coklat non enzimatik. Dengan demikian pencoklatan akan menurunkan kadar vitamin C (Kumalasari, 2009).

Umumnya kehilangan vitamin C terjadi bilamana jaringan dirusak dan terkena udara. Selama penyimpanan dalam keadaan dingin, kehilangan vitamin C akan berlangsung terus. Makin tinggi suhu penyimpanan makin besar terjadinya kerusakan zat gizi. Dalam bahan pangan yang disimpan dingin kehilangan yang lebih besar dijumpai terutama pada vitamin C daripada vitamin yang lain (Kumalasari, 2009).

2.4.4. Fungsi Vitamin C dalam Tubuh

Vitamin C mempunyai banyak fungsi di dalam tubuh. Vitamin C berperan sebagai koenzim dan kofaktor reaksi dalam tubuh seperti oksidasi fenilalanin dan tirosin, konversi folat menjadi asam tetrahidrofolik, sintesis kolagen, karnitin, noradrenalin, serotonin, dan lain-lain. Selain itu, vitamin C juga berperan dalam membantu absorpsi dan metabolisme zat gizi lain seperti zat besi dan kalsium (Almatsier, 2004)

Vitamin C adalah bahan yang kuat kemampuan reduksinya dan bertindak sebagai antioksidan dalam reaksi-reaksi hidroksilasi. Vitamin C dapat mencegah terjadinya kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas dengan cara bereaksi dengan *Reactive Oxygen Species* yang berpotensi sebagai toxic seperti superoksid dan radikal hidroksil (Mahan dan Escott-Stump, 2004).

Selain itu manfaat lain Vitamin C adalah mendukung resistensi terhadap infeksi lewat keterlibatannya dalam aktivitas imunologi leukosit, produksi interferon, proses reaksi inflamasi, dan integritas membrane mukosa (Packer dan Fuchs, 1997). Konsumsi vitamin C juga dapat membantu menjaga fungsi paru-paru agar tetap baik (Schwartz dan Weiss, 1994)

2.4.5. Kebutuhan Vitamin C dalam Tubuh

Vitamin C disajikan secara kuantitatif dalam milligram. Pada kondisi tertentu seperti stress psikologik atau fisik, seperti pada luka, panas tinggi, atau suhu lingkungan tinggi, membutuhkan peningkatan asupan vitamin C (Almatsier, 2004). Pada pecandu rokok juga membutuhkan peningkatan konsumsi vitamin C disebabkan rendahnya konsentrasi asam askorbat dalam serum. Minimal perokok harus mengkonsumsi vitamin C 100 mg/hari (Lykkesfeldt *et al.*, 2000). Secara lengkap kebutuhan vitamin C harian dapat dilihat di tabel di bawah ini.

Tabel 2.2 Kebutuhan Intake Harian Vitamin C (Food and Nutrition Board, 2000)

Golongan Umur	RDA (mg/hari)
0-6 bulan	30
7-12 bulan	35
1-3 tahun	15
4-8 tahun	25
Laki-laki	
9-13 tahun	45
14-18 tahun	75

19-30 tahun	90
31-50 tahun	90
51-70 tahun	90
≥ 70 tahun	90
Perempuan	
9-13 tahun	45
14-18 tahun	65
19-30 tahun	75

(berlanjut)

Tabel 2.2 (lanjutan)

Golongan Umur	RDA (mg/hari)
31-50 tahun	75
51-70 tahun	75
≥ 70 tahun	75
Wanita Hamil	
≤ 18	80
19-30	85
31-50	85
Wanita Menyusui	
≤ 18	115
19-30	120
31-50	120

2.5. Vitamin A

2.5.1. Sifat vitamin A

Vitamin A adalah suatu kristal alkohol berwarna kuning dan larut dalam lemak atau pelarut lemak. Dalam makanan vitamin A biasanya terdapat dalam bentuk ester retinil, yaitu terikat pada asam lemak rantai panjang. Di dalam tubuh, vitamin A berfungsi dalam beberapa bentuk ikatan kimia aktif, yaitu retinol (bentuk alkohol), retinal (aldehida), dan asam retinoat (bentuk asam). Vitamin A tahan terhadap panas cahaya dan alkali, tetapi tidak tahan terhadap asam dan oksidasi (Almatsier, 2003).

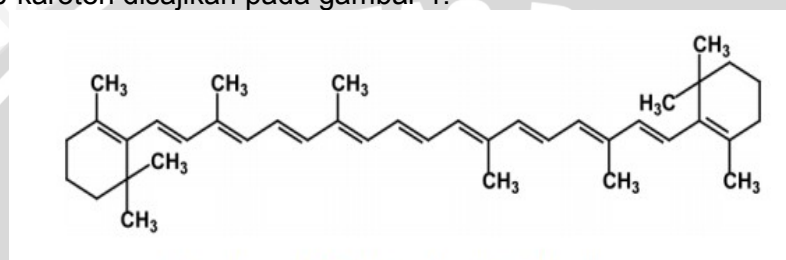
Bentuk aktif vitamin A hanya terdapat dalam pangan hewani. Pangan nabati mengandung karotenoid yang merupakan prekursor (provitamin) vitamin A. Beta karoten adalah bentuk provitamin A yang paling aktif, yang terdiri atas dua molekul retinol yang saling berkaitan, dan dipecah dalam mukosa dari usus halus kecil oleh beta karoten dioksigenase menjadi retinol, sebuah bentuk dari vitamin A. Karoten dapat disimpan dalam hati dan diubah menjadi vitamin A sesuai dengan kebutuhan (Afriani, 2009).

2.5.2. Karotenoid

Kristal karotenoid terdapat dalam beberapa bentuk dan warna yang bervariasi, mulai dari merah-orange hingga ungu kehitaman (Hendry & Houghton 1996). Bender (2003) mengklasifikasikan karotenoid berdasarkan struktur kimianya, yaitu : (1) Hydrophobic hydrocarbon carotenoid (α -, β -karoten dan likopen); (2) Monohydroxycarotenoid (β - kriptoxantin); (3) Dihydroxycarotenoid (lutein, zeaxanthin). Karotenoid memiliki melting point yang tinggi, biasanya berkisar antara 130-220°C. Karotenoid dapat larut dalam lemak atau minyak dan

tidak larut dalam air (Hendry & Houghton 1996). Hal ini disebabkan karena karotenoid memiliki struktur yang nonpolar (Fennema 1996).

Karotenoid yang merupakan prekursor vitamin A adalah karotenoid yang mengandung cincin beta ionon yang dapat diubah menjadi vitamin A, diantaranya α -, β - dan γ -karoten. Ketiga karotenoid ini dalam tubuh hewan akan dipecah atau diubah menjadi vitamin A (Hendry & Houghton 1996). Struktur kimia β -karoten disajikan pada gambar 1.



Gambar 2.3 struktur kimia β karoten

Pada manusia, sekitar 25-60% β -karoten yang dikonsumsi akan diubah menjadi vitamin A, tergantung dari jenis makanan dan faktor-faktor lain (Muchtadi 1989). Beta karoten memiliki Acceptable Daily Intake (ADI) sebesar 2,5 mg/Kg berat badan (Kitts 1996). Karoten bersifat larut dalam lemak dan stabil bersama antioksidan dan juga dapat melindungi lemak itu sendiri. Karoten juga larut dalam pelarut organik namun tidak larut dalam air (Mosquera et al. 2002).

Provitamin A pada umumnya cukup stabil selama pengolahan pangan, tetapi mempunyai sifat sangat mudah teroksidasi oleh udara dan akan rusak bila dipanaskan pada suhu tinggi bersama udara, sinar dan lemak yang sudah tengik (Winarno 2008). Pada penelitian Sulaeman et al. (2001), α - dan β -karoten pada produk keripik wortel relatif stabil selama proses deep frying. Oksidasi menyebabkan perubahan bentuk karotenoid menjadi tidak aktif, baik oleh reaksi enzimatik selama penyimpanan maupun terpapar cahaya dan oksigen (Olson 1991). Kehilangan aktivitas vitamin A dari karotenoid makanan

terutama terjadi karena reaksi autooksidasi ataupun isomerisasi geometris pada rantai isoprenoid tidak jenuh (Fennema 1996).

β karoten adalah pembentuk vitamin A atau retinol yang bermanfaat dalam membantu pertumbuhan dan pembentukan jaringan tubuh, pembentukan tulang dan gigi, daya tahan tubuh dan membentuk jaringan mata. β Karotennya merupakan antioksidan yang menjaga kesehatan dan menghambat proses penuaan. Selain itu β karoten dapat mencegah dan menekan pertumbuhan sel kanker serta melindungi asam lemak tidak jenuh ganda dari proses oksidasi (Ikrawan, 2006). β -karoten memiliki 100 % aktivitas vitamin A, α -karoten memiliki 50-54% aktivitas vitamin A, sedangkan γ -karoten memiliki 42-50% aktivitas vitamin A (Iwasaki dan Murakoshi, 1992).

2.5.3. Fungsi Vitamin A atau β Karoten

a. Penglihatan

Berfungsi dalam penglihatan normal pada cahaya remang. Kebutuhan vitamin A untuk penglihatan dapat dirasakan, bila kita dari cahaya terang di luar kemudian memasuki ruangan yang remang-remang cahayanya. Mata membutuhkan waktu untuk dapat melihat. Kecepatan mata beradaptasi setelah terkena cahaya terang berhubungan langsung dengan vitamin A yang tersedia di dalam darah untuk membentuk rodopsin.

b. Fungsi kekebalan

Retinol tampaknya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan diferensiasi limfosit B (leukosit yang berperan dalam proses kekebalan humoral).

- c. Antioksidan
- d. Pertumbuhan dan perkembangan

Vitamin A berpengaruh terhadap sistesis protein. Vitamin A dibutuhkan untuk perkembangan tulang dan sel epitel yang membentuk email dalam pertumbuhan gigi. (Almatsier, 2003)

2.6. Penyimpanan

Penyimpanan buah merupakan usaha untuk mencapai umur simpan yang maksimal. Yang mana usaha ini dilakukan untuk memperlambat pematangan buah dengan memperlambat laju respirasi dan menangkap gas etilen yang terbentuk. (Santoso, 2006).

Penyimpanan ini dapat dilakukan dengan pengendalian suhu yang merupakan faktor paling penting untuk menjaga mutu produk. Dalam menyimpan produk pada suhu terendah yang paling aman (10-12°C) akan meningkatkan masa simpan dengan cara menurunkan laju repirasi, menurunkan sensitifitasnya terhadap gas etilen dan mengurangi kehilangan air. Menurunkan laju kehilangan air akan menurunkan atau memperlambat laju pelayuan yang biasa menyebabkan kehilangan pascapanen secara serius. (Utama, 2003)

2.6.1. Penyimpanan dingin

Metode yang dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan buah dan sayuran segar seperti penyimpanan dingin, dapat meningkatkan masa simpan, namun kurang efektif untuk mempertahankan mutu sesuai yang

dikehendaki, karena buah dan sayuran masih dalam keadaan hidup dan melakukan kegiatan respirasi. Penyimpanan dingin dirasa belum cukup memuaskan, untuk itu dikembangkan cara lain yaitu dengan modifikasi komposisi atmosfer disekeliling produk yang disimpan (Ratule, 1999).

2.6.1.1. Kerusakan karena Suhu Dingin

Beberapa jenis buah-buahan dan sayuran yang berasal dari daerah tropis dan subtropis, akan mengalami kerusakan fisiologis ketika diberi perlakuan suhu di bawah suhu penyimpanan optimalnya, tetapi di atas titik bekunya. Kerusakan ini dikenal sebagai kerusakan dingin atau "*cold injury*" (Desrosier, 1978).

Penurunan suhu yang terlalu besar hanya dapat memperpanjang daya simpan dalam beberapa hari saja. Suhu penyimpanan yang terlalu rendah, jika dilakukan terlalu lama, walaupun dapat mencegah proses pemasakan tetapi dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan. Pada beberapa komoditi menyebabkan buah gagal masak (Kumalaningsih, 1990 dalam Emiliya, 2001).

Tabel 2.3. Kerusakan dingin beberapa buah-buahan yang disimpan di bawah suhu terendah yang aman.

Buah	Suhu terbaik (°C)	Kerusakan jika disimpan dibawah suhu terbaik
Alpukat	7,5-13,5	Coklat bagian dalam
Anggur	7,5	Luka, bopeng, luka bagian dalam
Apel	1-2	Coklat bagian dalam, lunak, pecah
Jeruk	2-3	Kulit tidak beraturan
Mangga	10	Warna pucat bagian dalam

Nenas	10-13	Lembek
Pepaya	7,5	Pecah
Pisang	13,5	Warna gelap jika masak
Jambu biji	8,5-10	Warna pucat di bagian dalam

Sumber: Winarno, 1993.

2.6.2. Modified Atmosphere Storage

Proses metabolisme yang terus berlangsung selepas panen mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan, baik secara fisik, kimia maupun biologis yang mengarah ke tanda-tanda kerusakan. Komposisi dari udara di ruang penyimpanan mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat bahan segar yang disimpan. Baik kandungan oksigen, karbondioksida dan etilen, sehingga mempengaruhi metabolisme komoditi. Dengan melakukan modifikasi atmosfer di sekitar komoditi tersebut dapat menghasilkan beberapa keuntungan terhadap bahan hasil pertanian (Wardhanu, 2009).

Penghambatan respirasi dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh pada proses respirasi. Penghambatan penyimpanan buah pada suhu rendah dapat menghambat respirasi buah, sehingga kematangan dapat dihambat. Namun penyimpanan pada suhu rendah ini dapat menyebabkan kerusakan buah (chilling injury) jika suhu yang digunakan terlalu rendah. Usaha lain adalah penyimpanan dengan modifikasi atmosfer. Metode penyimpanan berdasarkan modifikasi komposisi udara ruang penyimpanan (Dumadi, 2001).

Penyimpanan dengan cara pengaturan komposisi udara atau pengaturan konsentrasi oksigen dan karbondioksida, dikenal dengan penyimpanan dengan pengendalian atmosfer. Ada beberapa metode penyimpanan dengan pengendalian atmosfer yaitu controlled atmosphere storage (CAS) dan modified atmosphere storage (MAS). Controlled

atmosphere storage adalah metode penyimpanan dengan pengendalian konsentrasi oksigen dan karbondioksida secara terus menerus sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Modified atmosphere storage adalah penyimpanan dimana perubahan komposisi udara disebabkan oleh aktifitas respirasi dari produk yang dikemas (Julianti dan Nurminah, 2006 dalam Siagian 2009).

Pengemasan atmosfer termodifikasi adalah pengemasan produk dengan menggunakan bahan kemasan yang dapat menahan keluar masuknya gas sehingga konsentrasi gas di dalam kemasan berubah, dan ini menyebabkan laju respirasi produk menurun, mengurangi pertumbuhan mikroba, mengurangi kerusakan oleh enzim serta ,memperpanjang masa simpan (Julianti dan Nurminah, 2006 dalam Siagian 2009).

Ada 2 tipe penyimpanan atmosfer termodifikasi yaitu :

- Atmosfir termodifikasi aktif : penyimpanan dengan modified atmosphere di mana udara di dalam ruangan awalnya dikontrol dengan menarik semua udara dalam kemasan kemudian diisi kembali dengan udara dan konsentrasinya diatur sehingga keseimbangan langsung dicapai.
- Atmosfir termodifikasi pasif : keseimbangan antara O₂ dan CO₂ diperoleh melalui pertukaran udara dalam kemasan (mengandalkan permeabilitas kemasan) (Julianti dan Nurminah, 2006 dalam Siagian 2009).

Komposisi normal udara adalah 78% nitrogen (N₂), 21% oksigen (O₂), dan kurang dari 0,1% karbondioksida (CO₂). Modifikasi udara dalam kemasan dilakukan dengan cara mereduksi kandungan oksigen, karbondioksida dan nitrogen yang besar manfaatnya dalam memperpanjang masa simpan dari bahan-bahan yang mudah rusak pada suhu dingin.

Menurut El-Goorani and Sommer (1981), konsentrasi CO₂ dibatasi kurang dari 5% dalam penyimpanan dengan atmosfer termodifikasi. Hal ini dilakukan untuk menceah kerusakan komoditi karena konsentrasi CO₂ yang terlalu tinggi.

2.7. Respirasi

2.7.1. Pengertian Respirasi

Respirasi merupakan pemecahan bahan-bahan kompleks dalam sel, seperti gula dan asam-asam organik menjadi molekul sederhana seperti karbondioksida dan air, bersamaan dengan terbentuknya energi dan molekul lain yang dapat digunakan sel untuk reaksi sintesa (Wills *et al.*, 1981).

2.7.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Respirasi

Laju respirasi dapat dipengaruhi oleh ketersediaan substrat. Tersedianya substrat pada tanaman merupakan hal yang penting dalam melakukan respirasi. Tumbuhan dengan kandungan substrat yang rendah akan melakukan respirasi dengan laju yang rendah pula. Demikian sebaliknya bila substrat yang tersedia cukup banyak maka laju respirasi akan meningkat (Pradana, 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju respirasi terbagi dua, yaitu ;

1. Faktor internal

Semakin tinggi tingkat perkembangan organ, semakin banyak jumlah CO₂ yang dihasilkan. Susunan kimiawi jaringan mempengaruhi laju respirasi,

pada buah-buahan yang banyak mengandung karbohidrat, maka laju respirasi akan semakin cepat. Produk yang lebih kecil ukurannya mengalami laju respirasi lebih cepat daripada buah yang besar, karena mempunyai permukaan yang lebih luas yang bersentuhan dengan udara sehingga lebih banyak O₂ berdifusi ke dalam jaringan. Pada produk-produk yang memiliki lapisan kulit yang tebal, laju respirasinya rendah, dan pada jaringan muda proses metabolisme akan lebih aktif dari pada jaringan lebih tua (Pantastico, 1993).

2. Faktor eksternal

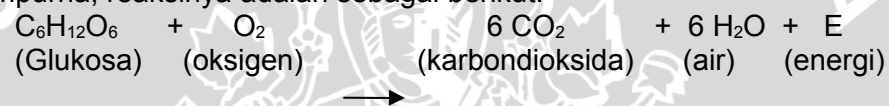
Umumnya laju respirasi meningkat 2-2,5 kali tiap kenaikan 10°C. Pemberian etilen pada tingkat pra-klimaterik, akan meningkatkan respirasi buah klimaterik. Kandungan oksigen pada ruang penyimpanan perlu diperhatikan karena semakin tinggi kadar oksigen, maka laju respirasi semakin cepat. Konsentrasi CO₂ yang sesuai dapat memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayuran karena terjadi gangguan pada respirasinya. Kerusakan atau luka pada produk sebaiknya dihindari, karena dapat memacu terjadinya respirasi, sehingga umur simpan produk semakin pendek (Pantastico, 1993 dalam Budiastira 2000).

Ketersediaan oksigen akan mempengaruhi laju respirasi, namun besarnya pengaruh tersebut berbeda bagi masing-masing spesies dan bahkan berbeda antara organ pada tumbuhan yang sama. Fluktuasi normal kandungan di udara tidak banyak mempengaruhi laju respirasi, karena jumlah oksigen yang dibutuhkan tumbuhan untuk berespirasi jauh lebih kecil dari oksigen yang tersedia di udara (Pradana, 2008).

2.7.3. Laju Respirasi

Respirasi buah dan sayur dapat diperlambat dengan pengurangan laju konsentrasi oksigen atau meningkatkan konsentrasi karbondioksida dengan pengendalian yang tepat. Penurunan laju respirasi pada buah dan sayur pada proses penyimpanan dapat berpengaruh pada umur simpannya (Suseno, 1994 dalam Budiastira 2000).

Menurut Wills *et al.*,(1981) dalam Budiastira 2000, hampir semua energi yang dibutuhkan oleh buah-buahan dan sayuran diperoleh dari hasil respirasi aerob yang meliputi perombakan oksidasi senyawa organik dalam jaringan. Substrat normal untuk respirasi adalah glukosa dan jika mengalami secara sempurna, reaksinya adalah sebagai berikut:



Menurut Sumardi (1999), laju respirasi komposisi udara dalam ruang tergantung aktivitas metabolisme dari masing-masing produk dan ketahanan kedap gas dari dinding ruang penyimpanan. Laju respirasi merupakan parameter penting untuk mendapatkan lingkungan yang sesuai dalam mempertahankan kesegaran.

2.8. Suhu

Suhu mempengaruhi kecepatan respirasi, mengetahui suhu yang tepat pada penyimpanan komoditi dapat memperlambat proses respirasi lanjut. Berkurangnya proses respirasi menghambat kerusakan jaringan-jaringan sel yang secara tidak langsung mencegah masuknya mikroba, sehingga memperlambat proses pembusukan selama penyimpanan (Muchtadi dan Basuki 1987 dalam Budiastira 2000).

Menurut Anggrahini dan hadiwiyoto (1988 dalam Budiastira 2000), penggunaan suhu rendah merupakan cara yang efektif untuk memperpanjang daya simpan bahan segar. Penggunaan suhu rendah pada prinsipnya akan menurunkan semua kegiatan metabolisme, termasuk menunda proses pemasakan bahan.

2.9. Bahan Kemasan

Pengemasan pangan adalah suatu rancangan yang digunakan sebagai wadah produk pangan yang ditujukan untuk : (a) mempermudah transportasi; (b) melindungi produk dari kontaminasi atau loss; (c) melindungi produk dari kerusakan atau degradasi; (d) merupakan sarana yang tepat untuk penjualan produk (Sacharow and Griffin, 1970 dalam Santoso 2006).

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas memungkinkan banyak ragam kegunaan yang dapat melindungi dan mengawetkan buah-buahan dan sayuran yang mudah rusak dan dapat memperpanjang umur simpannya (Hall *et al.*, 1986). Fungsi utama suatu bahan pengemas antara lain harus dapat mempertahankan suatu produk agar tetap bersih dan memberikan perlindungan bahan pangan dari kerusakan fisik, air, O₂, mikroba dan sebagainya. Oleh karena itu pengemasan harus berfungsi secara benar, efisien dan ekonomis (Buckle *et al.*, 1987 dalam Santoso 2006).

Menurut Susanto dan Budi (1994 dalam Santoso 2006), kemasan plastik menempati bagian yang sangat penting dalam industri pengemasan. Kelebihan plastik dari bahan-bahan kemasan lainnya antara lain: harganya lebih murah, dapat dibentuk berbagai rupa, warna dan bentuk relatif lebih disukai konsumen dan mengurangi biaya transportasi. Di sisi lain, plastik juga memiliki kelemahan yaitu umumnya tidak tahan terhadap suhu tinggi.

Pengemas plastik yang umum digunakan dalam pengemasan adalah polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren, polivinil klorida (PVC), polikarbonat, polivinil alkohol dan nilon. LDPE (*Low Density Polyethylen*) berdensitas sangat rendah antara 0,915 – 0,930 gram/cm³, daya tahan terhadap uap air baik tetapi jelek terhadap gas dan minyak (parry, 1993 dalam Santoso 2006).

Jenis kemasan yang sesuai untuk penyimpanan buah dan sayur terutama bagi pembentukan atmosfer di dalam ruang kemasan adalah film yang lebih permeabel terhadap O₂ daripada CO₂ (Hall, 1975). Biasanya film-film yang tersedia di pasaran lebih permeable terhadap CO₂ daripada O₂, sehingga akan terjadi laju akumulasi CO₂ lebih sedikit dibandingkan dengan penyusutan O₂.

Permeabilitas merupakan salah satu faktor utama dalam mengemas makanan. Hal ini berhubungan dengan suatu pengaruh perpindahan massa yang sering dikenal dengan perembesan dan dihubungkan dengan suatu tegangan defferensial dari suatu gas atau uap air antara kedua sisi dari suatu lembaran film dan digambarkan sebagai perubahan secara terus menerus dari peresapan melalui material. Permeabilitas dari suatu material tergantung pada struktur bahan kimia dan morfologi, ukuran penyerap dan suhu. Permeabilitas beberapa jenis plastik dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Permeabilitas beberapa jenis plastik pada suhu 30°C

Jenis Plastik	O ₂	CO ₂
<i>Polyethylene</i> (LDPE)	5,5	35,2
<i>Polyethylene</i> (HDPE)	1,06	3,5
<i>Polypropylene</i>	2,3	9,2

<i>Polyvinylchloride</i>	0,12	1
<i>Polystirene</i>	1,1	8,8
<i>Nylon 6</i>	0,038	0,16
<i>Cellulose acetate</i>	0,78	6,8

(Robertson, 1993)

Manipulasi lingkungan yang berlangsung dalam sistem atmosfer termodifikasi terdiri atas 3 "barrier" yaitu komoditas, kemasan dan ruang penyimpanan. Penyimpanan komoditas dalam kemasan permeabel merupakan sistem dinamis dan terdapat 2 proses bersamaan, yaitu proses respirasi serta perembesan O_2 dan CO_2 ke dalam dan ke luar kemasan (kader, 1992 dalam Santoso 2006).

2.9.1. Jenis-jenis Kemasan Plastik

Jenis kemasan plastik sendiri terbagi atas berbagai macam jenis, antara lain polietilen, polipropilen, poliester, polistiren, poliviniliden klorida, dan lainnya. Untuk kemasan yang digunakan untuk buah-buahan sayuran biasanya di pilih jenis kemasan yang mempunyai permeabilitas tinggi terhadap CO_2 agar dapat mengeluarkan CO_2 dari produk sebagai hasil dari proses pernafasan. Jenis kemasan yang sering di pakai adalah plastik PE, plastik PVC, dan EVA (Dwiari, 2008).

Bahan kemasan plastik ini pada umumnya transparan, mempunyai sifat mudah terjadi pengembunan jika suhu turun, dan ada beberapa jenis plastik yang tidak tahan terhadap panas (Rachmawan, 2001).

2.9.1.1. Polietilen

Polietilen merupakan film yang mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Plastik jenis ini mempunyai ketebalan 0,001 sampai 0,01 inchi yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan karena sifatnya yang termoplastik dan mudah dibuat kantung dengan kerapatan yang baik. Jenis plastik ini paling banyak digunakan dalam industri karena memiliki sifat mudah dibentuk, tahan bahan kimia, jernih, transparan, meleleh pada suhu 120°C sehingga mudah dilaminasi, tidak cocok untuk digunakan untuk mengemas bahan berlemak atau mengandung minyak serta beraroma karena tranmisi gas cukup tinggi, tahan terhadap asam, basa, alkohol, dan deterjen, dapat digunakan untuk menyimpan bahan pada suhu pembekuan hingga 50°C, dan kedap air. Polietilen ini sering dan banyak digunakan untuk mengemas buah-buahan dan sayuran segar, roti, produk pangan beku, dan tekstil (Dwiari, 2008).

Berdasarkan sifat kedap air dan uap air, ada beberapa jenis yaitu: HDPE (*high-density polyethylene*), MDPE (*medium-density polyethylene*), LDPE (*low-density polyethylene*) dan LLDPE (*linier low-density polyethylene*). HDPE memiliki titik lunak, maupun sifat-sifat lainnya yang lebih tinggi dibandingkan LDPE. LLDPE umumnya lebih kuat dibandingkan dengan LDPE, tetapi sifat lainnya sama dengan LDPE (Dwiari, 2008).

2.9.1.1.1 **LDPE (Low Density PolyEthylene)**

LDPE (*low density polyethylene*) yaitu plastik tipe cokelat (termoplastik/dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. LDPE dipakai untuk tutup plastik,

kantong/tas kresek dan plastik tipis lainnya (Dwiari, 2008). Polietilen untuk jenis *low density polyethylene* dengan ketebalan kurang dari 20 micron ini sering digunakan untuk pengemasan bahan pangan karena permeabilitasnya tinggi terhadap gas dan uap air dengan berbentuk kantong (Muchtaridi dan Sandri, 2007).

Beberapa sifat dari plastik jenis LDPE (*low density polyethylene*) adalah:

- 1) Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen (Dwiari, 2008).
- 2) Plastik ini dapat didaur ulang, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia (Dwiari, 2008).
- 3) Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini (Dwiari, 2008).

2.9.1.2. PVC (*PolyVinyl Chloride*)

PVC (*polyvinyl chloride*), yaitu jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. Jenis plastik PVC ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (*cling*

wrap), untuk mainan, selang, pipa bangunan, taplak meja plastik, botol kecap, botol sambal dan botol sampo. PVC mengandung DEHA yang berbahaya bagi kesehatan. Makanan yang dikemas dengan plastik berbahan dapat terkontaminasi karena DEHA melebur/ lumer pada suhu -150°C . DEHA juga mudah melebur jika terdapat kontak antara permukaan plastik dengan minyak (Dwiari, 2008).

Plastik jenis ini yang biasa disebut plastik *wrapping* yang mana sifat permeabilitas terhadap air dan gas nya rendah dan sering digunakan untuk mengemas produk ternak, ham, atau produk yang sejenis termasuk keju. Dapat direkatkan dengan panas akan tetapi tidak stabil bila dipanaskan pada suhu $>60^{\circ}\text{C}$ (Dwiari, 2008)

2.9.1.3. Polipropilen (PP)

Polipropilen sangat mirip dengan polietilen dan sifat-sifat penggunaannya juga serupa. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Monomer polypropilen diperoleh dengan pemecahan secara thermal naphtha (distalasi minyak kasar) etilen, propylene dan homologues yang lebih tinggi dipisahkan dengan distilasi pada temperatur rendah. Dengan menggunakan katalis *Natta- Ziegler* polipropilen dapat diperoleh dari polipropilen (Dwiari, 2008).

Polipropilen memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Ringan, mudah dibentuk, transparan dan jernih dalam bentuk film. Tetapi dalam

- 2) bentuk kemasan kaku maka PP tidak transparan.
- 3) Kekuatan terhadap tarikan lebih besar dibandingkan PE.
- 4) Pada suhu rendah akan rapuh.
- 5) Dalam bentuk murni pada suhu 300°C mudah pecah sehingga perlu ditambahkan PE atau bahan lain untuk memperbaiki ketahanan terhadap benturan
- 6) Tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
- 7) Lebih kaku dari PE dan tidak mudah sobek sehingga dalam penanganan dan distribusi.
- 8) Permeabilitas uap air rendah, permeabilitas gas sedang.
- 9) Tidak baik untuk mengemas produk yang peka terhadap oksigen.
- 10) Tahan terhadap suhu tinggi sampai 150°C , sehingga dapat digunakan untuk mengemas produk pangan yang memerlukan proses sterilisasi.
- 11) Tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak.
- 12) Pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan benzene, silken, toluen, terpentin asam nitrat kuat.