II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Respirasi

Respirasi merupakan suatu aktifitas yang dilakukan oleh mikroorganisme hidup baik tumbuhan, manusia maupun hewan. Menurut Winarno (2004), respirasi merupakan proses pernafasan dan metabolisme dengan menggunakan O_2 dalam pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein dan lemak yang akan menghasilkan CO_2, air, dan sejumlah energi.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO2 + 6H_2O + \text{energi}$$

Tumbuhan melakukan respirasi untuk menghasilkan energi guna melakukan proses fotosintesis. Tumbuhan yang telah mengalami pasca panen akan tetap mengalami proses respirasi dengan laju yang lebih tinggi dibandingkan saat masih tertanam dipohonnya. Respirasi yang dilakukan oleh buah akan menghasilkan panas yang mana sangat penting dalam menghitung kebutuhan refrigerasi dan ventilasi selama penyimpanan. Laju perusakan komoditas biasanya berbanding lurus dengan laju respirasinya.

Respirasi adalah suatu proses metabolisme dengan cara menggunakan oksigen dalam pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein dan lemak yang akan menghasilkan CO_2, air dan sejumlah besar elektron-elektron. Beberapa

senyawa penting yang dapat digunakan untuk mengukur proses respirasi ini adalah glukosa, ATP, CO_2 dan O_2 (Winarno, 1981).

Tumbuhan terutama tumbuhan tingkat tinggi, untuk memperoleh makanan sebagai kebutuhan pokoknya agar tetap bertahan hidup, tumbuhan tersebut harus melakukan suatu proses yang dinamakan proses sintesis karbohidrat yang terjadi di bagian daun satu tumbuhan yang memiliki klorofil, dengan menggunakan cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tumbuhan untuk proses tersebut. Tanpa adanya cahaya matahari, tumbuhan tidak akan mampu melakukan proses fotosintesis, hal ini disebabkan kloropil yang berada di dalam daun tidak dapat menggunakan cahaya matahari karena klorofil hanya akan berfungsi bila ada cahaya matahari (Pantastico, 1986).

Konsentrasi O_2 yang rendah dapat berpengaruh terhadap laju respirasi dan penurunan proses oksidasi subtrat, pematangan tertunda, dan sebagai akibatnya umur komoditi menjadi lebih panjang, perombakan klorofil tertunda, produksi C_2H_4 rendah, laju pembentukan asam askorbat berkurang, perbandingan asam-asam lemak tak jenuh berubah, laju degradasi senyawa pektin tidak secepat seperti dalam udara normal. Bila kandungan CO_2 dalam ruang penyimpan bertambah, jumlah CO_2 yang terlarut dan tergabung dengan beberapa zat penyusun dalam sel pun meningkat (Pantastico, 1986).

Proses respirasi pada buah sangat bermafaat untuk melangsungkan proses kehidupannya. Proses respirasi ini tidak hanya terjadi pada waktu buah masih berada di pohon, akan tetapi setelah dipanen buah-buahan juga masih melangsungkan proses respirasi. Dalam proses ini oksigen diserap untuk

digunakan pada proses pembakaran yang menghasilkan energi dan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran dalam bentuk CO_2 dan air.

Jumlah CO_2 yang dikeluarkan akan terus menurun, kemudian pada saat mendekati *senescene* produksi CO_2 kembali meningkat dan selanjutnya menurun lagi. Buah-buahan yang melakukan respirasi semacam itu disebut buah klimaterik, sedangkan buah-buahan yang jumlah CO_2 yang dihasilkannya terus menurun secara perlahan sampai pada saat *senescene* disebut buah non-klimaterik.

Produk pertanian yang berbeda kemungkinan mempunyai laju respirasi yang berbeda pula, umumnya tergantung pada struktur morfologi dan tingkat perkembangan jaringan bagian tanaman tersebut. Secara umum, sel-sel muda yang tumbuh aktif cenderung mempunyai laju respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan yang lebih tua atau sel-sel yang lebih dewasa. Masa simpan produk dapat diperpanjang dengan menempatkannya dalam lingkungan yang dapat memperlambat laju respirasi dan transpirasi melaluipenurunan suhu produk, mengurangi ketersediaan O_2 atau meningkatkan konsentrasi CO_2, dan menjaga kelembaban nisbi yang mencukupi dari udara sekitar produk (Utama, 2001).

Konsentrasi O_2 rendah disekitar bahan dapat berpengaruh pada sifat fisiologis buah-buahan dan sayuran (Pantastisco, 1986), diantaranya yaitu laju respirasi dan oksidasi subsrtat menurun, pematangan tertunda dan sebagai akibatnya umur komoditi lebih panjang, perombakan klorofil tertunda dan produksi C_2H_4 (etilen) rendah, laju pembentukan askorbat berkurang serta laju degradasi senyawa pektin tidak secepat seperti dalam udara terbuka.

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

a. Faktor internal

Semakin tinggi tingkat perkembangan organisme, maka akan semakin banyak jumlah CO_2 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 O_2 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, 1986).

b. 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 akan semakin cepat. Konsentrasi CO_2 yang sesuai dapat memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayuran karena terjadi gangguan pada respirasinya. Kerusakan atau luka pada produk juga sebaiknya dihindari karena dapat memicu terjadinya respirasi sehingga umur simpan produk semakin pendek (Pantastico, 1986).

Buah menurut pola respirasinya, terbagi menjadi 2 kelompok yaitu buah pola pernafasaan klimaterik dan non-klimaterik. Buah pola pernafasan klimaterik akan mengalami peningkatan laju produksi etilen dan CO_2. Sedangkan buah non-klimaterik tidak akan mengalami peningkatan laju produksi etilen dan CO_2. Etilen merupakan suatu hormon berbentuk gas yang dihasilkan secara alami oleh buah- buahan yang mana gas tersebut dapa menyebabkan perubahan- perubahan karakteristik tertentu.

2.2. *Modified Atmosphere Storage* (MAS)

Modifikasi komposisi udara dilakukan dengan menurunkan kadar oksigen dan atau meningkatkan kandungan karbon dioksida (CO_2). Kadang-kadang masih diperlukan pula untuk mencegah agar gas *ethylene* yang diproduksi tidak terkumpul di udara ruang penyimpanan. Pada umumnya udara yang semakin menipis kandungan oksigennya serta semakin meningkat kandungan karbon dioksida akan mengakibatkan menurunnya laju aktivitas pernapasan dari komoditi segar. Sedang *ethylene* merupakan hormon tanaman, dimana dengan dosis yang sangat kecil dapat besar pengaruhnya terhadap tahap-tahap metabolisme, termasuk di dalamnya proses awal pematangan, kelayuan, dan kematangan serta proses pembentukan senyawa *phenolic*.

Berbagai jenis kantong plastik yang memiliki berbagai derajat permeabilitas terhadap uap air dan gas, dapat digunakan untuk penyimpanan MAS. Teknik yang sebetulnya telah berkembang sejak tahun 1940, dan kini kantong plastik

dengan beberapa jenis ketebalan, densitas serta permeabilitas dapat dipilih untuk menjaga susunan komposisi atmosfer disekitar produk yang dikemas tersebut.

Jenis plastik *polyethylene* HDPE dengan derajat densitas tinggi telah digunakan untuk menyimpan buah-buahan dan sayuran. Bahkan di dalam kantong plastik tersebut telah diperlengkapi dengan senyawa penyerap (*absorbent*) terhadap gas *ethylene*, misalnya dengan membran silikon atau kalium permanganat (Santoso, 2006).

Menurut Do dan Salunke dalam Pantastico (1986), penyimpanan dengan atmosfer termodifikasi adalah penyimpanan dengan mengatur komposisi gas di dalam ruang penyimpan dimana kandungan oksigennya dibuat rendah dan karbondioksidanya dibuat tinggi dengan perbandingan tertentu sehingga berpengaruh terhadap interaksi penyerapan dan pernafasan buah yang disimpan

2.3. *Controlled Atmosphere Storage* (CAS)

Teknik penyimpanan CAS merupakan penemuan yang sangat penting dalam sistem pascapanen hasil hortikultura buah dan sayuran. Teknik ini bila dikombinasikan dengan teknik pendinginan akan mampu mencegah aktivitas pernapasan dan mungkin akan dapat menghambat prsoes pengempukan, penguningan dan penurunan mutu.

Suhu udara dalam CAS dapat diatur dan dipertahankan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang sederhana yaitu dengan menempatkan komoditi tersebut dalam ruang yang kedap udara. Karena terjadi pernapasan dan

konsentrasi O_2 menurun, kadar CO_2 dapat juga diatur menurut dosis yang dikehendaki dengan cara penggunaan senyawa penyerap CO_2 biasanya digunakan NaOH, khususnya bila konsentrasi CO_2 meningkat tinggi sekali.

Cara lain ialah udara yang konsentrasi gas-gasnya telah diatur seperti CO_2, N_2 dan O_2 dihembuskan ke dalam ruang penyimpanan. Tetral (total environment control), telah mengembangkan sistem kontrol atmosfer. CO_2 diproduksi dari hasil pembakaran gas alam (Santoso, 2006).

2.4. Komposisi Udara

Susunan udara baru diketahui pada akhir abad ke-18 sewaktu Lavoisier, Priestly, dan lainnya menunjukkan bahwa udara terutama terdiri atas dua zat : oksigen dan nitrogen.

Oksigen dicirikan oleh kemampuannya mendukung kehidupan. Hal ini dikenali jika suatu volume oksigen habis (dengan membakar lilin pada tempat tertutup, misalnya), dan nitrogen yang tersisa tidak lagi dapat mempertahankan hewan hidup. Lebih dari 100 tahun berlalu sebelum udara direanalisis secara cermat, yang menunjukkan bahwa oksigen dan nitrogen hanya menyusun 99% dari volume total, dan sebagian besar dari 1% sisanya adalah gas baru yang disebut "argon". Gas mulia lainnya (helium, neon, krypton, dan xenon) ada di udara dalam jumlah yang jauh lebih kecil.

Ada beberapa jenis gas lain yang dijumpai pada permukaan bumi. Metana (CH_4) dihasilkan lewat proses bakteri, terutama di daerah rawa. Metana merupakan penyusun penting dalam deposit gas alam yang terbentuk selama jutaan tahun

lewat pelapukan materi tumbuhan di bawah permukaan bumi. Gas dapat juga terbentuk dari reaksi kimia.

Tabel 1. Komposisi Udara

Penyusun	Rumus	Fraksi volume
Nitrogen	N_2	0.78110
Oksigen	O_2	0.20953
Argon	Ar	0.00934
Karbon Dioksida	CO2	0.00034
Neon	Ne	1.82×10^{-5}
Helium	He	5.2×10^{-6}
Metana	CH_4	1.5×10^{-6}
Kripton	Kr	1.1×10^{-6}
Hidrogen	H_2	5×10^{-7}

Sumber : Anonim, 2013

Kondisi dan manfaat gas dalam atmosfer antara lain:

1. Nitrogen (N_2)

   Jumlahnya paling banyak, meliputi 78 bagian. Nitrogen tidak langsung bergabung dengan unsur lain, tapi merupakan bagian dari senyawa organik.

2. Oksigen (O_2)

   Sangat penting bagi kehidupan, yaitu untuk mengubah zat makanan menjadi energi hidup. Setiap hasil tanaman mempunyai ketahanan sendiri-sendiri terhadap oksigen. Apabila oksigen dalam udara lebih dari 5% kebanyakan buah-buahan ketahanannya kurang sehingga akan mudah mengalami kerusakan. Beberapa buah-buahan bahkan dengan kadar oksigen lebih rendah dari 5% telah mengalami kerusakan, seperti buah jeruk kerusakan sudah berlangsung pada kadar oksigen sekitar 3%, kerusakan buah apel sudah berlangsung pada kadar oksigen di bawah 1% (Kartasapoetra, 1994).

3. Karbon dioksida (CO_2)

   menyebabkan efek rumah kaca (greenhouse) transparan terhadap radiasi gelombang pendek dan menyerap radiasi gelombang panjang. Dengan demikian kenaikan kosentrasi CO_2 di dalam atmosfer akan menyebabkan kenaikan suhu di bumi.

   Banyak pengamatan telah menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 yang tepat dapat menghambat perkecambahan dan pertumbuhan beberapa jenis jamur yang menyerang buah-buahan dalam simpanan, seperti *Rhizopus*, *Botrytis* dan *Trichothecium*. Hambatan itu tampak nyata pada 10 sampai 15% CO_2, namun rupanya konsentrasi CO_2 yang tinggi dapat membunuh sel-sel, jadi memberikan kemudahan untuk pertumbuhan jamur. Dalam beberapa kasus, timbulnya rasa yang tidak dikehendaki menghilangkan keuntungan ini, sehingga lebih baik menggunakan udara yang tidak mengandung CO_2, tetapi hanya mengandung persentase O_2 yang rendah (Pantastico, 1986).

2.5. Perubahan Buah Selama Penyimpanan

Sayuran dan buah-buahan yang dipanen merupakan bentuk benda hidup. Oleh karena itu komposisinya dan mutunya mengalami perubahan-perubahan karena berlanjutnya kegiatan metabolisme setelah panen. Ketika masih terdapat pada tanaman hidup, kehilangan karena transpirasi dapat diganti oleh cairan tanaman yang mengandung air, mineral-mineral, dan bahan-bahan hasil fotosintesis. Sesudah panen maka kehilangan substrat dan air tidak dapat diganti dan mulailah proses kemunduran (Apandi, 1984).

Dengan menggunakan sistem dan penanganan yang tepat, diharapkan akan meningkatkan kualitas buah segar tersebut. Beberapa bentuk kualitas yang perlu diperhatikan pada buah segar yaitu: penampilan buah (kondisi luar buah), tekstur (*firmness, crispness*, dan *juiceness*), *flavor*, serta kandungan nutrisi lainnya.

Dari segi penampilan termasuk didalamnya ukuran, bentuk, warna, dan ada tidaknya kerusakan dan luka pada buah. Sedangkan yang dimaksud dengan flavor adalah pengukuran tingkat kemanisan (*sweetness*), keasaman (*acidity*), *astringency*, rasa pahit (*bitterness*), aroma.

Kandungan nutrisi pada buah dapat berupa vitamin A dan C, kandungan mineral, dietari fiber, karbohidrat, protein, *antioxidan phytochemical* (*carotenoid*, *flavonoid*, dan senyawa fenol lainnya). Faktor-faktor keamanan yang juga mempengaruhi kualitas buah segar adalah residu dari pestisida, keberadaan logam berat, mikotoxin yang diproduksi oleh berbagai spesies fungi dan kontaminasi dari mikroba (Winarno, 2004).

a. Perubahan berat

Penyimpanan suhu tinggi menyebabkan proses fisiologis buah meningkat sehingga mengakibatkan buah selama penyimpanan mengalami proses respirasi dan transpirasi. Kehilangan air selama penyimpanan tidak hanya menurunkan berat, tetapi juga menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Penurunan berat buah pada penyimpanan dengan suhu dingin relatif lebih kecil. Fluktuasi suhu secara berkala dengan membiarkan buah pada suhu

ruang beberapa lama, menyebabkan kehilangan air pada buah yang disimpan pada suhu berfluktuasi relatif lebih besar.

b. Perubahan tekstur

Seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, secara perlahan buah mulai menjadi lunak dan berair. Pelunakan buah selama penyimpanan disebabkan oleh penurunan sifat permeabilitas dinding sel yang menyebabkan hilangnya kemampuan menggelembung sel. Akibat lain dari kehilangan permeabilitas ini adalah cairan sel dapat terlepas ke ruangan ekstra seluler dan jaringan pembuluh. Gas-gas yang mengisi ruangan ini terganti oleh cairan sehingga terjadi perubahan struktur, hal inilah yang menyebabkan pelunakan tekstur ada buah.

c. Cita rasa

Cita rasa buah rusak karena beberapa sebab, kemungkinan yang paling sering terjadi adalah karena kandungan zat-zat di dalam buah juga ikut menghilang akibat penyimpanan pada suhu yang tidak tepat sehingga sangat berpengaruh terhadap cita rasa buah.