

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

A. Biologi Tanaman Brokoli

Tanaman brokoli mempunyai bentuk seperti kubis bunga putih, tetapi bunganya tersusun dari kuntum-kuntum bunga dan tangkainya berdaging tebal (Setiawan, 1994). Tanaman brokoli tidak tahan terhadap suhu panas, oleh karenanya hanya cocok ditanam di dataran tinggi, di atas 700 m dari permukaan laut. Suhu harian antara 18-20⁰C sangat sesuai untuk pertumbuhannya. Brokoli tidak tahan terhadap hujan yang terus-menerus, bunganya mudah terserang penyakit busuk (*Erwinia carotovora*) yang berwarna bintik-bintik hitam (Ashari, 1995).

Menurut Soerjowinoto (1981) dan Permadi (1993) klasifikasi brokoli adalah sebagai berikut :

Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Klas : Dicotyledoneae
Famili : Cruciferae
Genus : Brassica
Spesies : *Brassica oleracea* var. *botrytis* L. subvar. *cymosa* Lamm

Dalam siklus hidupnya, brokoli termasuk tanaman herba semusim. Brokoli memiliki tangkai daun agak panjang dan helai daun berlekuk-lekuk memanjang. Tangkai bunga brokoli lebih panjang dan lebih besar dibandingkan dengan kubis bunga putih. Massa bunga brokoli tersusun secara kompak membentuk bulatan

berwarna hijau tua atau hijau kebiruan, dengan diameter antara 10-15 cm atau lebih (Rukmana, 1994).

Kelompok bunga yang berwarna hijau biasanya dikelilingi oleh daun kecil. Bagian tanaman yang dapat dimakan adalah bunganya yang terdiri atas bunga muda dan bagian tangkai bunganya (Pracaya, 1999).

Menurut Winarno (1992), brokoli merupakan sumber vitamin C yang baik, bahkan juga setelah dimasak. Kandungan gizi brokoli per 100 gram bahan (bunga, daun, dan tangkai bunga bagian atas) terlihat pada tabel 01.

Tabel 01. Kandungan Gizi Brokoli per 100 gram (bunga, daun, dan tangkai bunga bagian atas)

Kandungan	Kadar
Air	87 ml
Protein	4 gram
Lemak	0,3 gram
Karbohidrat	6 gram
Calcium	100 m gram
Fe	2 m gram
Vitamin A	100 IU
Thiamine	0,15 m gram
Riboflavin	0,2 m gram
Nicotinamide	1 m gram
Ascorbic Acid	80 m gram

Sumber : Direktorat Bina Produksi Hortikultura Jakarta 1993 (Harjono, 1996).

Saat paling baik untuk pemanenan ialah sebelum kuncup masing-masing bunga mulai membuka, yaitu ujung bongkol bunganya tetap utuh, dan daun-daun

mahkota belum nampak. Keterlambatan pemanenan sedikit saja mengakibatkan rendahnya mutu (Pantastico, 1997).

B. Pasca Panen Brokoli

Sifat-sifat penting yang menentukan kualitas brokoli adalah kepadatan (kekompakan), warna, keutuhan (tidak cacat), dan besarnya diameter bunga. Untuk sasaran pasar tertentu misalnya ke swalayan atau ekspor, penanganan pasca panen menuntut perlakuan pembersihan, sortasi, pengepakan, pembungkusan atau pengemasan, dan penyimpanan (Rukmana, 1994).

Setelah brokoli dipanen kemudian dikumpulkan, lalu dibersihkan dahulu untuk mencegah masuknya bakteri dan kotoran yang melekat, yaitu dengan membuang bagian yang tidak berguna atau kotor akibat pemanenan. Bila hasil panen dalam keadaan apa adanya langsung dibawa ke pasar/dijual maka dapat menurunkan harga, karena barang tidak menarik (Harjono, 1996).

Sortasi dilakukan agar bunga yang baik tidak tercampur dengan yang jelek atau kotoran-kotoran lain. Sortasi ini dapat dilanjutkan dengan pengkelasan, seperti beda ukuran berat, beda warna, beda tingkat kematangan/kemasakan serta kriteria lain misalnya beda diameter bunga. Diameter bunga dapat dibedakan dari kecil sampai ke besar (Rukmana, 1994).

Pengepakan dapat dilakukan dalam peti kayu dengan kapasitas 25-30 kg/peti (Rukmana, 1994). Menurut Harjono (1996), jika memerlukan pengangkutan jarak jauh, digunakan kemasan kotak gabus udang (*polyform*), yang di atasnya diberi bunga

es/snow ice, untuk memperlambat berkembangnya kuncup bunga/cluster dan menghambat perubahan warna hijau menjadi kuning.

Untuk pengemasan setiap bunganya biasanya dikemas dengan film transparan. Hal tersebut untuk menghindari kontaminasi, baik akibat sentuhan tangan, benda-benda lain, atau pengaruh suhu luar (Harjono, 1996). Pengemas yang dianggap baik menurut Rukmana (1994), adalah dengan plastik *polyethylene*, dan cara penyimpanannya di kamar dingin suhu $4,4^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relatif 85%-95%. Cara tersebut dapat mempertahankan kesegaran antara 14-28 hari. Sedangkan menurut Winarno dkk. (1982), penggunaan plastik sebagai pembungkus sangat terbatas tergantung macam bahan makanannya, terutama karena plastik tidak tahan panas dan mudah terjadi pengembunan uap air di dalamnya jika suhu diturunkan. Penggunaan pengemas ini bertujuan agar bahan lebih tahan terhadap kerusakan mekanis dan gangguan air (Winarno dan Betty Sri Laksmi, 1974).

Brokoli mempunyai daya tahan sangat rendah setelah panen, kuncup bunganya akan cepat membuka dan berkembang. Warna bunga juga akan cepat berubah dari warna hijau menjadi kuning. Laju respirasi yang cepat menjadi ciri sayuran ini, karena bagian bunga adalah organ tanaman yang disusun oleh jaringan muda dan sangat aktif dalam proses biologis (Sabari dkk., 1994). Daya simpan brokoli akan lebih lama bila diperlakukan dengan suhu kamar dingin/refrigerator pada suhu 0°C , yakni brokoli dapat tahan disimpan antara 10-14 hari. Jika tanpa perlakuan tersebut, maksimal daya tahannya 3 hari dengan pangkal batang berair yang seterusnya membusuk (Harjono, 1996). Menurut Pantastico (1997), keuntungan

utama penyimpanan brokoli pada 5-20% CO₂ adalah dipertahankannya warna hijau, kesegaran, dan diperlambatnya pertumbuhan jamur.

C. Perubahan-perubahan dalam Penyimpanan pada Suhu Rendah

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan buah dan sayuran sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme, dan oleh karena itu sering dianggap sebagai petunjuk mengenai potensi daya simpan buah dan sayuran. Laju respirasi yang tinggi biasanya disertai oleh umur simpan pendek. Hal itu juga merupakan petunjuk laju kemunduran mutu dan nilainya sebagai bahan makanan. Faktor yang sangat penting yang mempengaruhi respirasi dilihat dari segi penyimpanan adalah suhu. Peningkatan suhu antara 0⁰C-35⁰C akan meningkatkan laju respirasi buah-buahan dan sayuran, yang memberi petunjuk bahwa baik proses biologi maupun proses kimiawi dipengaruhi oleh suhu. Sampai sekarang pendinginan merupakan satu-satunya cara yang ekonomis untuk penyimpanan jangka panjang bagi buah-buahan dan sayuran segar. Asas dasar penyimpanan dalam suhu dingin adalah penghambatan respirasi oleh suhu rendah (Pantastico, 1997).

Pendinginan dapat memperlambat kecepatan reaksi-reaksi metabolisme, di mana pada umumnya setiap penurunan suhu 8⁰C, kecepatan reaksi akan berkurang menjadi kira-kira setengahnya. Karena itu penyimpanan bahan pangan pada suhu rendah dapat memperpanjang masa hidup dari jaringan-jaringan di dalam bahan pangan tersebut. Hal ini disebabkan karena keaktifan respirasi menurun (Winarno dkk., 1982).

Perubahan-perubahan kimia yang terjadi selama penyimpanan suhu rendah antara lain adalah kenaikan kandungan gula, yang kemudian disusul dengan penurunan. Kenaikan kandungan gula itu disebabkan oleh pemecahan polisakarida-polisakarida. Perubahan dalam keasaman selama penyimpanan dapat berbeda-beda sesuai dengan tingkat kemasakan dan tingginya suhu penyimpanan. Pada umumnya turunnya kandungan asam askorbat lebih cepat pada suhu penyimpanan yang lebih tinggi. Asam-asam amino dengan cepat berkurang selama penyimpanan suhu rendah antara 6-20⁰C tetapi stabil pada suhu 2⁰C. Kegiatan enzim-enzim seperti katalase, pektinesterase, selulase, dan amilase meningkat selama penyimpanan. Pada umumnya oksidase-oksidase memperlihatkan penurunan kegiatannya. Kegiatan enzim bergantung pada suhu simpan dan kemasakan bahan yang disimpan (Pantastico, 1997).

Menurut Potter and Hotchkiss (1996), beberapa perubahan yang terjadi pada bahan pangan selama penyimpanan suhu rendah antara lain adalah hilangnya nutrisi yang terkandung dalam bahan pangan tersebut, sebagai contohnya adalah hilangnya vitamin C dan vitamin yang lain, yang umumnya terjadi pada buah-buahan dan sayuran segar. Selain itu, juga terjadi penurunan ketegaran dan kepadatan pada buah dan sayuran, terjadi perubahan warna baik pada buah, sayuran, dan daging, terjadi oksidasi lemak dan melunaknya jaringan pada ikan, serta terjadi perubahan rasa.

D. Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C disebut juga asam askorbat (*ascorbic acid*), merupakan vitamin yang paling sederhana, mudah berubah akibat oksidasi, tetapi amat berguna bagi

manusia. Struktur kimia vitamin C terdiri atas rantai 6 atom karbon dan kedudukannya tidak stabil, karena mudah bereaksi dengan O₂ di udara menjadi asam dehidroaskorbat. Vitamin C stabil keadaannya jika merupakan kristal (murni). Menyimpan dalam keadaan terbuka/dalam ruangan yang lembab akan menjadikannya terurai menjadi zat lainnya, sehingga hilang potensi vitamin C-nya (Kusnawidjaja, 1987).

Vitamin C merupakan *fresh food vitamin*, karena sumber utamanya adalah buah-buahan dan sayuran segar (Muchtadi dkk., 1993). Berbagai sumber vitamin C antara lain jeruk (*citrus*), *broccoli*, *brussel sprout*, kubis (*kale*), hijauan lobak (*turnip green*), serta dari keluarga kubis (*cabbage*) hijauan *beet*, dan strawberi (Linder, 1992).

Kebutuhan tubuh akan vitamin C berkisar antara 20-30 mg per hari bagi anak-anak maupun orang dewasa. Kebutuhan vitamin C untuk ibu-ibu yang sedang hamil dan menyusui perlu tambahan lagi sebanyak 20 mg (Muchtadi dkk., 1993). Moerdijati (1991) juga menjelaskan bahwa kebutuhan manusia akan vitamin C dari diet adalah sebesar 30 mg/hari.

Keadaan kekurangan vitamin C yang terus-menerus pada orang dewasa dapat menyebabkan penyakit skorbut. Penyakit tersebut ditandai dengan terjadinya pembengkakan dan perdarahan pada gusi, dan akibat yang lebih parah lagi dari keadaan tersebut adalah gigi menjadi goyah dan bahkan dapat tanggal. Selain itu kekurangan vitamin C juga dapat menimbulkan sariawan. Sariawan yang akut dapat disembuhkan dalam beberapa saat dengan pemberian sekitar 100-200 mg vitamin C per hari (Muchtadi dkk., 1993).

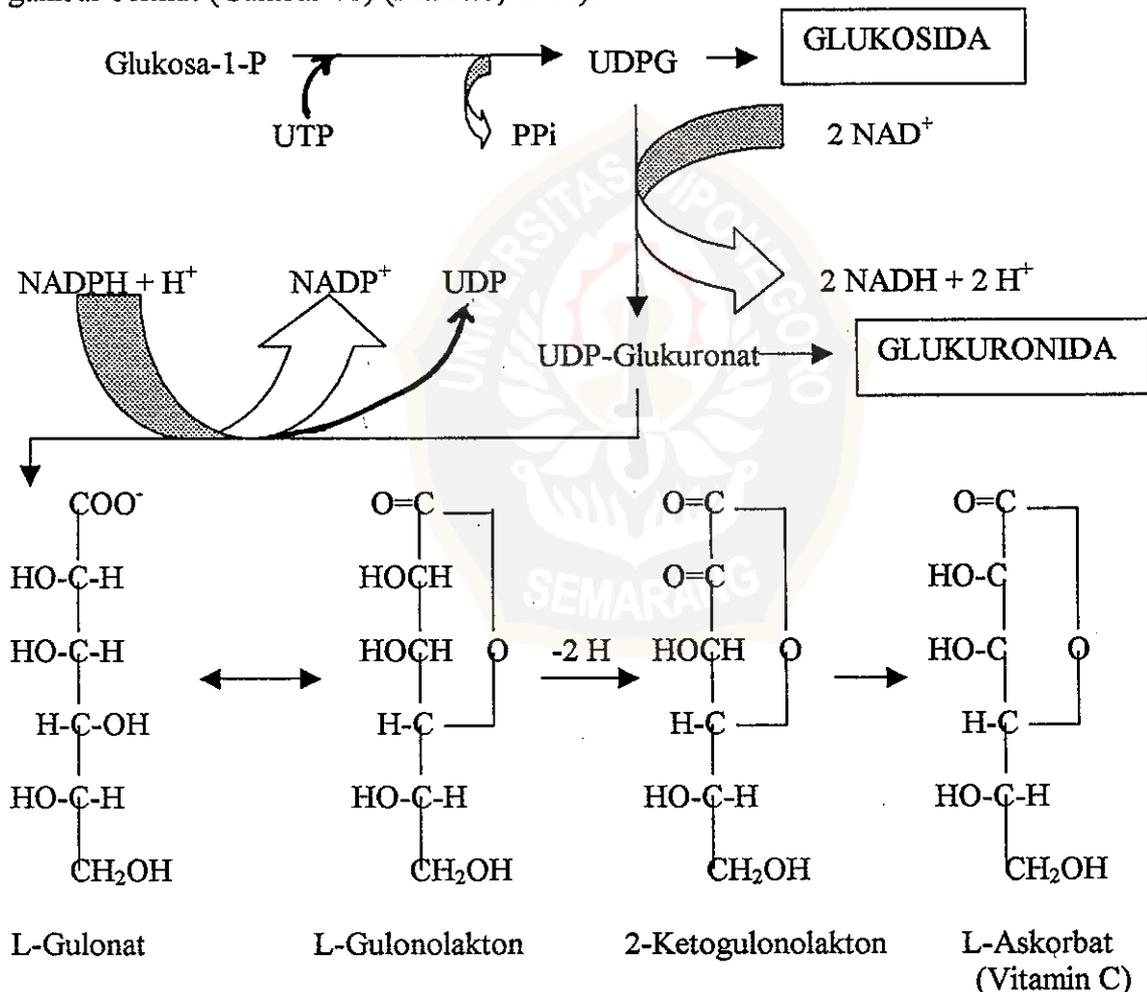
Muchtadi dkk. (1993) juga mengatakan bahwa vitamin C berperan juga dalam proses reduksi ion feri menjadi fero di dalam saluran pencernaan, sehingga memudahkan penyerapan zat besi oleh usus. Selain itu Gaman and Sherrington (1994) juga berpendapat bahwa vitamin C berperan dalam biosintesis karnitin. Pada umumnya cadangan vitamin C dalam tubuh hanya sedikit. Cadangan asam askorbat dalam tubuh orang dewasa yang mengkonsumsi vitamin C dalam jumlah yang cukup adalah 1,5 g. Dari jumlah tersebut, hanya sekitar 3-4% (40-60 mg) asam askorbat yang dipakai setiap hari. Oleh karena itu dapat dimengerti bahwa pemberian asam askorbat sebanyak 60 mg ke dalam tubuh dapat mempertahankan cadangan vitamin C tubuh sekitar 1,5 g.

Namun bagi tanaman yang mensintesisnya, fungsi vitamin C belum diketahui. Tetapi dari beberapa vitamin dapat diketahui akan kepentingannya di dalam membantu aktivitas berbagai enzim, misalnya banyak vitamin B-kompleks merupakan koenzim beberapa enzim tertentu yang terdapat di dalam sel hidup. Tanaman tinggi dapat menyusun sendiri vitamin-vitamin yang diperlukannya, tetapi tidak semua organ dapat menyusun vitamin-vitamin yang diperlukannya dalam jumlah yang mencukupi. Organ yang kekurangan akan menerima vitamin dari organ lain yang berlebihan, sehingga di dalam tanaman itu ada suatu translokasi vitamin, misalnya dari daun-daun yang tua ke daun-daun yang muda, dari daun ke akar, dan sebaliknya dari akar ke daun (Dwidjoseputro, 1986).

Dari semua vitamin yang ada, vitamin C merupakan vitamin yang paling mudah rusak. Di samping sangat larut dalam air, vitamin C mudah teroksidasi dan proses tersebut dipercepat oleh panas, sinar, alkali, dan enzim asam askorbat

oksidase. Oksidasi akan terhambat bila vitamin C dibiarkan dalam keadaan asam, atau pada suhu rendah (Winarno, 1992).

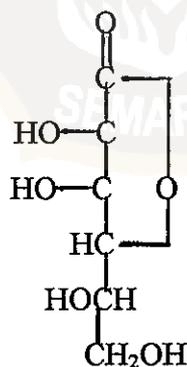
Vitamin C pada tumbuhan merupakan metabolit sekunder, karena terbentuk dari glukosa melalui jalur asam D-glukuronat dan L-gulonat. Pada manusia, binatang menyusui tingkat tinggi, dan marmot, biosintesis ini tidak terjadi, karena adanya hambatan biosintetik yang sifatnya genetik antara L-gulonolakton dan 2 keto-L-gulonolakton, sehingga untuk spesies-spesies tersebut vitamin C merupakan faktor penting dalam makanan. Jalur terbentuknya vitamin C dari glukosa dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 01) (Manitto, 1981).



Gambar 01. Jalur terbentuknya vitamin C dari glukosa (Manitto, 1981).

Manitto (1981) menjelaskan, glukosa-1-fosfat yang bereaksi dengan uridin trifosfat (UTP) akan menghasilkan uridin difosfat glukosa (UDPG), yang merupakan bentuk aktif dari glukosa dalam proses sintesis glukosida. Oksidasi UDPG dengan 2 molekul NAD^+ akan menghasilkan uridin difosfat asam glukuronat (UDP-asam glukuronat). Pada tubuh tumbuhan, sebagian dari asam UDP-glukuronat ditransformasikan menjadi asam L-gulonat. Asam L-gulonat akan kehilangan molekul H^+ dan menjadi L-gulonolakton. Oksidasi L-gulonolakton menghasilkan 2-ketogulonolakton yang secara spontan akan membentuk L-askorbat (vitamin C).

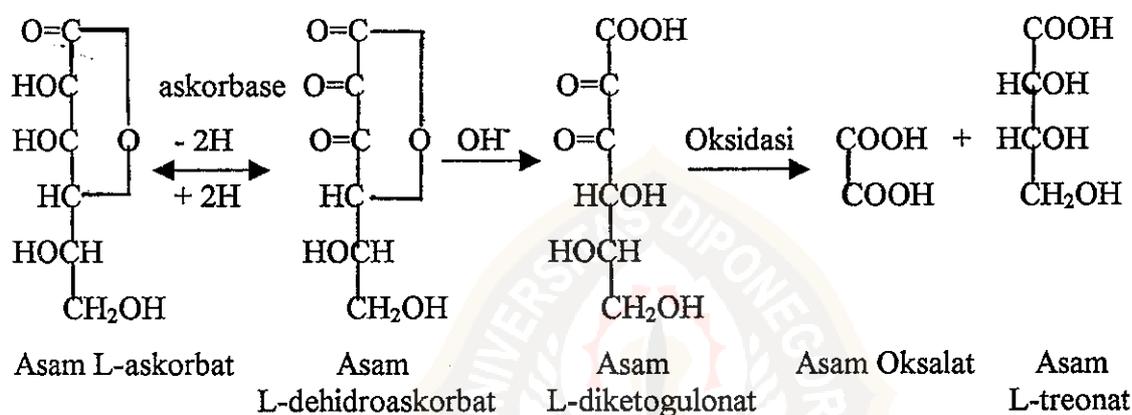
Vitamin C yang mempunyai rumus empiris $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ dalam bentuk murni merupakan kristal putih, tidak berwarna, tidak berbau, dan mencair pada suhu $190\text{--}192^\circ\text{C}$ (Gambar 02). Senyawa ini bersifat reduktor kuat dan mempunyai rasa asam (Andarwulan dan Koswara, 1992). Menurut Furia (1983), kisaran derajat keasaman (pH) yang mendukung kestabilan vitamin C adalah 3,5-4,5. Adanya ion logam tembaga dan besi dapat mempercepat rusaknya vitamin C, karena logam tersebut mengkatalisis terjadinya oksidasi oleh enzim askorbat oksidase (Winarno dkk., 1982).



Gambar 02. Rumus kimia vitamin C (Poedjiadi, 1994).

Kehilangan vitamin C sering terjadi karena hal-hal berikut ini :

- Pemanasan yang menyebabkan rusaknya struktur.
- Pencucian sayuran setelah dipotong-potong terlebih dahulu.
- Adanya alkali atau suasana basa selama pengolahan.
- Pengeringan dan cahaya, serta membuka tempat yang berisi vitamin C, sebab oleh udara akan terjadi oksidasi yang tidak dapat balik (Poedjiadi, 1994). Reaksi metabolisme vitamin C ditunjukkan pada gambar di bawah ini (Gambar 03).



Gambar 03. Reaksi metabolisme vitamin C (Winarno, 1992).

Asam L-askorbat dengan adanya enzim asam askorbat oksidase akan teroksidasi menjadi asam L-dehidroaskorbat. Asam L-dehidroaskorbat secara kimia juga sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak lagi memiliki keaktifan sebagai vitamin C (Winarno, 1992). Suasana basa menyebabkan asam L-diketogulonat teroksidasi menjadi asam oksalat dan asam L-treonat (Davidek *et al.*, 1990).

Kutsky (1981) mempertegas bahwa asam askorbat merupakan salah satu vitamin yang labil terhadap panas dan bersifat mudah larut dalam air dengan

kelarutan sebesar 0,3 g/ml air. Karena itu agar vitamin C tidak banyak hilang, sebaiknya pengirisan dan penghancuran yang berlebihan dihindari (Winarno, 1992).

E. Hipotesis

Suhu mempengaruhi laju respirasi, yang sering digunakan untuk petunjuk daya simpan buah dan sayuran. Vitamin C merupakan vitamin yang mudah rusak karena adanya panas, sinar, alkali, enzim asam askorbat oksidase, serta adanya katalis tembaga dan besi. Disamping itu, kandungan vitamin C dalam brokoli bisa berkurang sampai lebih dari 50% hanya dalam beberapa hari, tetapi kehilangan ini dapat dicegah dengan penyimpanan pada suhu yang rendah (Pracaya, 1999). Dari uraian tersebut maka dapat disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Semakin tinggi suhu dan semakin lama penyimpanan sampai batas tertentu, penurunan kadar vitamin C brokoli semakin tinggi.
2. Terdapat interaksi antara suhu dan lama penyimpanan terhadap penurunan kadar vitamin C brokoli.

