

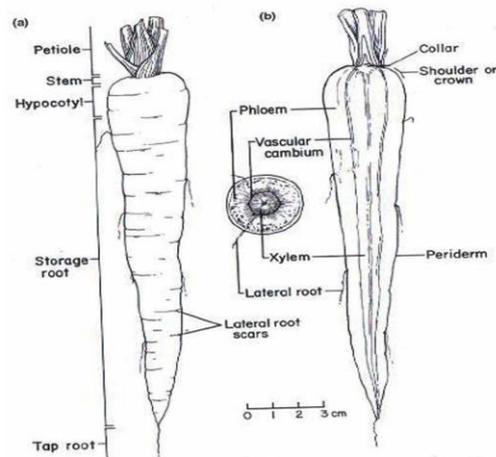
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Wortel



Gambar 1. Wortel (*Daucus carota* L.)

Wortel (*Daucus carota* L.) adalah tumbuhan jenis sayuran umbi yang biasanya berwarna kuning kemerahan atau jingga kekuningan dengan tekstur serupa kayu seperti pada Gambar 1 (Malasari 2005). Bagian yang dapat dimakan dari wortel adalah bagian umbi atau akarnya. Cadangan makanan tanaman ini disimpan di dalam umbi. Kulit umbi wortel tipis dan jika dimakan mentah terasa renyah dan agak manis (Makmun 2007). Berikut disajikan gambar bagian-bagian penampang wortel pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian penampang wortel
 Sumber: Rubatzky dan Yamaguchi (1997)

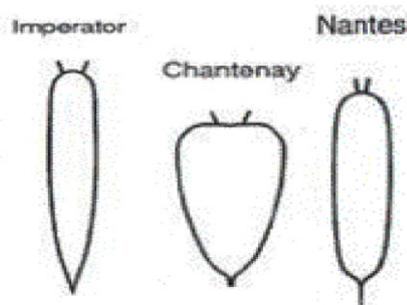
Wortel termasuk sayur-sayuran yang paling luas dikenal manusia. Manusia mulai mengonsumsi wortel setelah mengetahui beberapa manfaat kesehatan yang terkandung di dalamnya (Sunanto, 2002). Wortel merupakan tanaman khas dataran tinggi dengan ketinggian 1.200- 1.500 m dpl untuk pertumbuhan terbaiknya. Suhu yang cocok untuk tanaman ini sekitar 22-24°C dengan kelembaban dan sinar matahari yang cukup. Persyaratan tanah yang sesuai untuk tanaman ini yaitu subur, gembur dan banyak mengandung humus, tata udara dan tata airnya berjalan baik (tidak menggenang). Wortel dapat tumbuh baik pada pH antara 5,5-6,5 dan untuk hasil optimal diperlukan pH 6,0-6,8. Keunggulan tanaman ini adalah tanaman ini dapat ditanam sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Batangnya pendek dan berakar tunggang yang fungsinya berubah menjadi bulat dan memanjang. Namun, suhu udara tetap perlu diperhatikan, karena jika suhu udara terlalu tinggi seringkali menyebabkan umbi kecil-kecil dan berwarna pucat atau kusam, sedangkan jika suhu udara terlalu rendah maka umbi yang terbentuk adalah panjang kecil (Mulyahati, 2005).

Cahyono(2002) mengatakan bahwa, pada awalnya hanya dikenal beberapa varietas wortel, namun dengan berkembangnya peradaban manusia dan teknologi, saat ini telah ditemukan varietas-varietas baru yang lebih unggul daripada generasi-generasi sebelumnya. Varietas-varietas wortel terbagi menjadi tiga kelompok yang didasarkan pada bentuk umbi, yaitu tipe Imperator, Chantenay, dan Nantes.

- a. Tipe Imperator memiliki umbi berbentuk bulat panjang dengan ujung runcing (menyerupai kerucut), panjang umbi 20-30 cm, dan rasa yang kurang manis sehingga kurang disukai oleh konsumen.
- b. Tipe Chantenay memiliki umbi berbentuk bulat panjang dengan ujung tumpul, panjang antara 15-20 cm, dan rasa yang manis sehingga disukai oleh konsumen.
- c. Tipe Nantes memiliki umbi berbentuk peralihan antara tipe Imperator dan tipe Chantenay, yaitu bulat pendek dengan ukuran panjang 5-6 cm atau berbentuk bulat agak panjang dengan ukuran panjang 10-15 cm.

Penampakan fisik wortel berdasarkan jenisnya diperlihatkan pada gambar

3.



Gambar 3. Bentuk dari berbagai tipe wortel
Sumber: Makmun (2007)

Dari ketiga kelompok tersebut, kelompok chantenay termasuk dalam varietas yang dapat memberikan hasil produksi paling baik, sehingga paling banyak dikembangkan.

Dalam taksonomi tumbuhan, wortel diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)
2. Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
3. Sub-Divisi : Angiospermae
4. Kelas : Dicotyledonae
5. Ordo : Umbelliferales
6. Famili : Umbelliferae (*Apiaceae*)
7. Genus : *Daucus*
8. Spesies : *Daucus carota* L.

Nama Inggris wortel adalah carrot dan memiliki beberapa cultivar, diantaranya adalah kuroda, pusaka, ideal, red judy, dan red sky (Susila, Anas. D, 2006).

B. Panen dan Pasca Panen Tanaman Wortel

Pemanenan merupakan saat paling kritis dan harus diperhatikan dengan benar.

Hal ini dikarenakan oleh sifat *perishable* yang artinya sayuran sangat mudah rusak dan busuk. Oleh sebab itu pemanenan harus dilakukan dengan hati-hati.

Penanganan pascapanen bertujuan untuk menekan tingkat kerusakan pada buah, kerusakan akibat faktor-faktor (mekanis, fisiologis serta serangan hama penyakit), mempertahankan kesegaran, meningkatkan daya simpan dan meningkatkan nilai jual.

1. Panen

a. Umur Panen

Ciri-ciri tanaman wortel sudah saatnya dipanen adalah sebagai berikut:

- 1). Tanaman wortel dapat dipanen setelah berumur \pm 3 bulan sejak sebar benih atau tergantung varietasnya. Varietas ideal pemanenan pada umur 100-120 hari setelah tanam.
- 2). Ukuran umbi telah maksimal dan tidak terlalu tua. Panen yang terlalu tua dapat menyebabkan umbi menjadi keras dan berkatu, sehingga kualitasnya rendah atau tidak laku dipasarkan. Demikian pula panen terlalu awal hanya akan menghasilkan umbi berukuran kecil-kecil, sehingga produksinya menurun.

Berikut ini adalah kriteria wortel yang dipanen umur muda atau “Baby Carrot” dapat dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

- 1). Umur panen sekitar 50-60 hari setelah tanam.
- 2). Ukuran umbi sebesar ibu jari tangan, panjangnya antara 6-10 cm dan diameternya sekitar 1-2 cm.

b Waktu Pemanenan

Menurut (Cahyono, 2006), waktu panen wortel dalam hari (pagi, siang, atau sore) berpengaruh terhadap kualitas umbi yang dipanen. Waktu yang baik untuk melakukan pemanenan adalah pada pagi hari antara pukul 07.00–10.00 atau pada

sore hari antara pukul 15.00–18.00, pada saat cuaca cerah atau tidak hujan. Air hujan yang membasahi umbi wortel akan menyebabkan wortel cepat rusak.

c Teknik Pemanenan

Menurut (Hanum, Chairani, 2008), cara pemanenan wortel dilakukan dengan mencabut umbi beserta akarnya. Tanah sebaiknya digemburkan terlebih dahulu, hal ini bertujuan untuk memudahkan pencabutan wortel. Tanaman yang baik dan dipelihara secara intensif dapat menghasilkan umbi antara 20-30 ton/hektar.

Pemanenan umbi wortel juga dapat dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin pertanian. Pemanenan dengan menggunakan peralatan mekanis akan lebih menguntungkan, baik dari segi waktu, tingkat kerusakan umbi, maupun tingkat kehilangan hasil. Di negara-negara maju, dimana tingkat ekonomi petani sudah tinggi, pemanenan umbi wortel pada umumnya sudah dilakukan dengan menggunakan mesin.

2. Penanganan Pascapanen Wortel

Penanganan pascapanen adalah tahapan kegiatan sejak pemanenan hingga siap dipasarkan dilanjutkan. Periode setelah panen memiliki batasan waktu yang singkat, yaitu selama cadangan makanan masih cukup mampu mendukung proses metabolisme seperti respirasi. Proses penanganan pasca panen meliputi proses grading dan sortasi, pembersihan, trimming dan pengemasan.

Berikut ini adalah manfaat dari penanganan pascapanen antara lain :

- 1) Mempertahankan kualitas, seperti mencegah kehilangan air.
- 2) Memperpanjang ketahanan simpan produk.
- 3) Mempermudah pengangkutan.
- 4) Mengurangi kerusakan pada saat distribusi.
- 5) Mempermudah pemasaran, mempercantik penampilan produk, dan praktis bagi konsumen.

Dalam penanganan panen dan pascapanen produk hortikultura memerlukan waktu yang lama untuk sampai ketangan konsumen, sehingga dalam waktu penanganan ini dapat terjadi kerusakan yang disebabkan oleh berbagai faktor. Berikut ini faktor yang menyebabkan kerusakan pada saat pasca panen.

1) Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik adalah kerusakan yang terjadi karena perlakuan-perlakuan fisik. Buah mempunyai kandungan air antara 80-95% sehingga sangat rentan terhadap kerusakan fisik. Kerusakan fisik dapat terjadi pada seluruh tahapan, mulai dari kegiatan sebelum panen, pemanenan, penanganan, grading, pengemasan, transportasi, penyimpanan, dan pemasaran. Kerusakan yang umum terjadi adalah memar, terpotong, adanya tusukan tusukan, bagian yang pecah, lecet dan abrasi. Kerusakan fisik juga memacu kerusakan baik fisiologis maupun patologis (serangan mikroorganisme pembusuk).

2) Gangguan Patologis

Gangguan patologis adalah gangguan yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Sayuran dan buah banyak mengandung air dan nutrisi yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Menurut Supartha (2001), buah yang baru dipanen sebenarnya telah dihinggapi oleh berbagai macam mikroorganisme. Mikroorganisme pembusuk dapat berkembang jika kondisinya memungkinkan seperti adanya kerusakan fisik pada sayuran atau buah, kondisi suhu, kelembaban dan faktor-faktor lain yang mendukung.

Adanya mikroorganisme pembusuk pada buah dan sayuran adalah merupakan faktor pembatas utama di dalam memperpanjang masa simpan buah dan sayuran. Mikroorganisme pembusuk yang menyebabkan susut pasca panen buah dan sayuran secara umum disebabkan oleh jamur dan bakteri. Infeksi awal dapat terjadi selama pertumbuhan dan perkembangan produk tersebut masih dilapangan akibat adanya kerusakan mekanis selama operasi pemanenan, atau melalui kerusakan fisiologis akibat dari kondisi penyimpanan yang tidak baik. Pembusukan pada buah-buahan umumnya sebagai akibat infeksi jamur sedangkan pada sayur-sayuran lebih banyak diakibatkan oleh bakteri.

3) Pengaruh Buruk Kondisi Lingkungan

Suhu adalah faktor sangat penting yang paling berpengaruh terhadap laju kemunduran dari komoditi pascapanen. Setiap peningkatan 10°C laju kemunduran meningkat dua sampai tiga kali. Komoditi yang dihadapkan pada suhu yang tidak sesuai dengan suhu penyimpanan optimal, menyebabkan

terjadinya berbagai kerusakan fisiologis. Suhu juga berpengaruh terhadap peningkatan produksi etilen, penurunan O₂ dan peningkatan CO₂ yang berakibat buruk terhadap komoditi. Perkecambahan spora dan laju pertumbuhan mikroorganisme lainnya sangat dipengaruhi oleh suhu.

Kelembaban ruang adalah salah satu penyebab kehilangan air setelah panen. Kehilangan air tidak dapat dihindarkan namun dapat ditoleransi. Tanda-tanda kehilangan air bervariasi pada produk yang berbeda, dan tanda-tanda kerusakan baru tampak saat jumlah kehilangan air berbeda-beda pula. Umumnya tanda-tanda kerusakan jelas terlihat bila kehilangan air antara 3-8% dari beratnya.

C. Kandungan Wortel

Sebagian besar vitamin C berasal dari sayuran, buah-buahan terutama buah-buahan yang segar, oleh karena itu vitamin C sering disebut *Fresh Food Vitamin* (Winarno, 2002). Herdiansyah (2007), menyatakan bahwa, vitamin merupakan zat gizi esensial yang sangat diperlukan tubuh untuk memperlancar proses metabolisme dan penyerapan zat gizi. Vitamin disebut zat gizi esensial karena hampir sebagian besar vitamin tidak bisa diproduksi oleh tubuh, kecuali vitamin D dan K. Sayur dan buah-buahan merupakan bahan makanan yang banyak mengandung vitamin. Apabila tubuh kekurangan vitamin akan timbul gejala-gejala tertentu sebagai gangguan kesehatan.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa tanaman wortel memiliki kandungan senyawa aktif, yaitu: protein, karbohidrat, lemak, serat, gula alamiah, pektin, glutatin, asparagin, geraniol, flavonoida, pinena, limonena dan beta karoten.

Karoten memberikan karakteristik warna jingga pada wortel (Suojala, 2000). Warna umbi kuning kemerah-merahan, mempunyai karoten A yang sangat tinggi, Umbi wortel juga mengandung vitamin B, Vitamin C dan mineral (Pohan, 2008). Wortel ini juga kaya akan vitamin A, B kompleks, C, D, E, K, dan antioksidan (Sunanto, 2002).

Wortel merupakan sayuran yang multi khasiat bagi pelayanan kesehatan masyarakat luas. Di Indonesia wortel dapat dianjurkan sebagai bahan pangan potensial untuk mengentaskan masalah penyakit kurang vitamin A karena kandungan karoten (pro vitamin A) pada wortel dapat mencegah penyakit rabun senja (buta ayam) dan masalah kurang gizi. Beta karoten di dalam tubuh akan diubah menjadi vitamin A, zat gizi yang sangat penting untuk fungsi retina (Khomsan, 2007). Dalam setiap 100 gram wortel mengandung 12.000 S I vitamin A (Berlian dan Rahayu, 1995). Berikut ini adalah kandungan gizi dan kalori umbi wortel segar pada tabel 1.

Menurut Muchtadi (2000), sayuran yang tergolong memiliki kadar serat pangan tinggi, baik serat pangan larut maupun serat pangan tidak larut adalah wortel. Serat pangan larut lebih efektif dalam mereduksi plasma kolesterol yaitu *low density lipoprotein* (LDL), serta meningkatkan kadar *high density lipoprotein* (HDL). Serat pangan larut juga dapat membantu mengurangi terjadinya obesitas, penyakit jantung dan mencegah penyakit divertikulosis. Serat pangan tidak larut sangat penting peranannya dalam pencegahan disfungsi alat pencernaan seperti konstipasi (susah buang air besar), ambeien, kanker usus besar dan infeksi usus buntu.

Tabel 1. Komposisi zat gizi wortel per 100 g berat basah

Komposisi Zat Gizi	Satuan	Jumlah
Energi	kcal	41
Protein	g	0.93
Lemak	g	0.24
Karbohidrat	g	9.58
Serat	g	2.8
Abu	g	0.97
Gula total	g	4.74
Pati	g	1.43
Air	g	88.29
Mineral		
Kalsium	mg	33
Besi	mg	0.30
Magnesium	mg	12
Fosfor	mg	35
Kalium	mg	320
Natrium	mg	69
Seng	mg	0.24
Tembaga	mg	0.045
Mangan	mg	0.143
Fluor	mcg	3.2
Selenium	mcg	0.1
Vitamin		
Vitamin C, total asam		
askorbat	mg	5.9
Thiamin	mg	0.066
Riboflavin	mg	0.058
Niacin	mg	0.983
Pantothenic acid	mg	0.273
Vitamin B-6	mg	0.138
Folate	mcg	19
Kolin	mg	8.8
Aktivitas Vitamin A, IU	IU	16706
Aktivitas Vitamin A	mcg-RAE	835
Vitamin E		
(alphatocopherol)	mg	0.66
Tocopherol, beta	mg	0.01
Vitamin K		
(phylloquinone)	mcg	13.2

Lanjutan tabel 1.

Komposisi Zat Gizi	Satuan	Jumlah
Lainnya		
Karoten, beta	mcg	8285
Karoten, alpha	mcg	3477
Lycopene	mcg	1
Lutein + zeaxanthin	mcg	256

Sumber: USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2007)

D. Respirasi Wortel

Laju respirasi merupakan petunjuk yang baik untuk daya simpan buah sesudah dipanen. Intensitas respirasi dianggap sebagai ukuran laju jalannya metabolisme oleh karena itu sering dianggap sebagai petunjuk daya simpan buah. Laju respirasi dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor internal adalah faktor yang berasal dari dalam bahan (buah dan sayur), meliputi tingkat perkembangan organ, komposisi kimia jaringan, ukuran produk, pelapisan alami, dan jenis jaringan). Sedangkan faktor eksternal adalah faktor yang berasal dari lingkungan sekeliling bahan, meliputi suhu, etilen, ketersediaan oksigen, karbon dioksida, dan luka pada bahan.

Winarno dan Aman (1981), faktor-faktor yang dapat mempercepat laju respirasi antara lain suhu penyimpanan tinggi, umur panen muda, adanya luka pada buah, kandungan gula awal yang tinggi pada produk dan ukuran buah lebih besar.

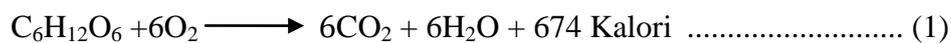
Suojala (2000), mengatakan wortel dengan ukuran besar memiliki laju transpirasi yang tinggi, sehingga akan mudah mengalami kehilangan air melalui penguapan di permukaannya sehingga hal ini juga dapat menyebabkan wortel kehilangan bobot.

Menurut Kays (1991), untuk beberapa produk hasil pertanian, dengan kenaikan suhu penyimpanan sebesar 10°C akan mengakibatkan naiknya laju respirasi sebesar 2 sampai 2.5 kali, tetapi di atas suhu 35°C laju respirasi akan menurun karena aktivitas enzim terganggu yang menyebabkan terhambatnya difusi oksigen.

Mengendalikan laju respirasi sangat penting dalam usaha memperpanjang umur simpan produk tersebut, salah satu cara mengendalikan laju respirasi yaitu dengan pengontrolan suhu. Metode yang umum digunakan adalah penyimpanan dengan pendinginan karena sederhana dan efektif. Menurut Broto (2003), prinsip penyimpanan dengan pendinginan adalah mendinginkan lingkungan secara mekanis dengan penguapan gas cair bertekanan (*refrigerant*) dalam sistem tertutup.

Dalam proses respirasi, bahan tanaman terutama kompleks karbohidrat dirombak menjadi bentuk gula, selanjutnya dioksidasi untuk menghasilkan energi. Hasil sampingan dari respirasi ini adalah CO_2 , uap air dan panas. Respirasi berlangsung untuk memperoleh energi untuk aktivitas hidupnya. Semakin tinggi laju respirasi maka semakin cepat pula perombakan-perombakan tersebut yang mengarah pada kemunduran dari produk. Air yang dihasilkan ditranspirasikan dan jika tidak dikendalikan produk akan cepat menjadi layu. Sehingga laju respirasi sering digunakan sebagai index yang baik untuk menentukan masa simpan pascapanen produk segar (Utama, 2001).

Menurut (Yangyang, 1986), selama produk bernafas maka produk akan mengalami pematangan kemudian diikuti dengan cepat oleh proses pembusukan. Respirasi merupakan sarana penyediaan energi yang vital dibutuhkan untuk mempertahankan struktur sel dan jalannya proses-proses biokimia. Reaksi pola respirasi yang terjadi dalam sel buah dan sayuran adalah sebagai berikut:



Laju respirasi menentukan potensi pasar dan masa simpan yang berkaitan erat dengan; kehilangan air, kehilangan kenampakan yang baik, kehilangan nilai nutrisi dan berkurangnya nilai cita rasa.

Kitinoja and Kader (2003), mengatakan bahwa, wortel memiliki laju respirasi yang moderat. Respirasi menghasilkan panas yang menyebabkan terjadinya peningkatan panas. Sehingga proses kemunduran seperti kehilangan air, pelayuan, dan pertumbuhan mikroorganisme akan semakin meningkat.

Mikroorganisme pembusuk akan mendapatkan kondisi pertumbuhannya yang ideal dengan adanya peningkatan suhu dan kelembaban serta siap menginfeksi sayuran melalui pelukaan-pelukaan yang sudah ada. Selama transportasi ke konsumen, produk sayuran pascapanen mengalami tekanan fisik, getaran, serta gesekan pada kondisi dimana suhu dan kelembaban memacu proses pelayuan (Utama, 2009).

Respirasi pada dasarnya merupakan penguraian karbohidrat menjadi air dan karbondioksida. Respirasi dapat terjadi jika tersedia oksigen. Laju respirasi suatu produk merupakan indikator yang sangat baik untuk mengukur aktivitas

metabolik jaringannya sehingga sangat berguna sebagai petunjuk untuk mengetahui potensi umur simpan suatu produk. Laju respirasi yang tinggi memperpendek umur simpan buah (Hartanto, 2002).

Secara umum proses respirasi dalam produk dapat dibedakan menjadi tiga tingkat, yaitu: pertama pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, kedua oksidasi gula menjadi asam piruvat, serta yang ketiga adalah transformasi piruvat dan asam-asam organik lainnya menjadi CO₂, air, dan energi yang berlangsung secara aerobik. Substrat dalam proses respirasi tidak hanya berasal dari polisakarida dan asam-asam organik tetapi juga dapat dari protein maupun lemak walaupun dari kedua terakhir sebagai sumber energi kurang dominan (Setiawan, 2010).

E. Mutu Wortel

Mutu merupakan salah satu faktor yang membedakan produk satu dengan lainnya. Daya terima dan kepuasan konsumen pada suatu produk ditentukan oleh mutu produk tersebut, (Kramer dan Twigg, 1970). Mutu akan sangat dipengaruhi oleh individu konsumen. Menurut SNI 01-3163-1992 wortel segar digolongkan dalam 2 jenis mutu. Syarat mutu ditentukan dari karakteristik yang mencakup kesamaan sifat varietas, kekerasan, warna, kerataan permukaan, tekstur, persentase jumlah maksimum kerusakan, persentase jumlah maksimum wortel yang busuk, diameter, panjang tungkai dan kotoran. Standar kualitas wortel dan syarat mutu dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2. Syarat mutu wortel segar

Karakteristik	Syarat		Cara pengujian
	Mutu I	Mutu II	
1	2	3	4
Kesamaan sifat varietas	Seragam	Seragam	Organoleptik
Kekerasan	Keras	Keras	Organoleptik
Kerataan permukaan	Cukup rata	Cukup rata	Organoleptik
Tekstur	Tidak Mengayu	Tidak Mengayu	Organoleptik
Kerusakan % (jumlah/jumlah) maks.	5	10	SP-SMP-310-1981
Busuk % (bobot/bobot) maks.	2	2	SP-SMP-311-1981
Diameter, *)	31-50 Bertangkai daun maks 5	15-30 bertangkai daun maks	

*) Toleransi di atas dan di bawah maksimum 10 % (bobot/bobot)

***) Toleransi di atas ukuran maksimum 10% (bobot/bobot)

Sumber: SNI 01-3163-1992

Keterangan:

1. Kesamaan sifat varietas

Kesamaan sifat varietas dinyatakan seragam jika terdapat keseragaman bentuk umbi, yaitu: kerucut runcing, kerucut tumpul, atau peralihan kedua bentuk tersebut, lurus, dan tidak bercabang.

2. Kekerasan

Umbi wortel dinyatakan keras apabila umbi tidak lunak, lentur atau keriput.

Menurut Winarno dan Aman (1981), faktor yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan pada buah-buahan dan sayur-sayuran selama penyimpanan adalah

hilangnya tekanan turgor, perombakkan pati menjadi glukosa dan degradasi dinding sel. Peningkatan kekerasan disebabkan oleh penguapan air-air sel yang menyebabkan sel menjadi menciut, ruang antar sel menyatu dan zat pektin yang berada pada ruang antar sel akan saling berikatan (Pantastico, 1989).

3. Kerataan permukaan

Kerataan permukaan dinyatakan cukup rata apabila permukaan umbi wortel tidak kasar, tidak *berbenjol-benjol*, tidak bergelang-gelang, tidak beralur, tidak banyak akar kecil sekunder yang mempengaruhi kenampakannya.

4. Tekstur

Tekstur umbi wortel tidak mengayu apabila di bagian tengah penampang melintang bagian umbi yang terbesar tidak tampak mengayu dan atau tidak tampak pertumbuhan tangkai bunga.

5. Kerusakan

Umbi dinyatakan rusak apabila telah mengalami kerusakan atau cacat atas sebab fisiologis, mekanis, dan lain-lain yang terlihat pada permukaan umbi.

6. Busuk

Umbi dinyatakan busuk apabila mengalami pembusukan akibat kerusakan biologis yang disebabkan oleh kerusakan dari dalam tanaman berupa pengaruh etilen dan penyebab kerusakan dari luar yaitu hama dan penyakit (Mutiarawati, 2009).

7. Diameter

Yang dimaksud diameter adalah dimensi terbesar dari umbi yang diukur tegak pada sumbu tegaknya.

8. Kotoran

Kotoran dinyatakan tidak ada apabila tidak terdapat kotoran atau benda asing lainnya yang menempel pada umbi atau berada dalam kemasan yang mempengaruhi kenampakannya. Bahan penyekat atau pembungkus tidak dianggap sebagai kotoran.

Selain karakteristik mutu diatas, mutu juga dapat dilihat berdasarkan:

1. Susut Bobot

Kehilangan bobot komoditi hortikultura tidak hanya diakibatkan oleh terjadinya kehilangan air tetapi juga oleh hilangnya gas CO_2 hasil respirasi (Winarno, 2002).

Menurut Wills (1981), kehilangan bobot pada suatu komoditas terjadi karena pada proses respirasi senyawa-senyawa kompleks yang biasa terdapat dalam sel seperti karbohidrat akan dipecah menjadi molekul-molekul yang sederhana seperti karbondioksida dan air yang mudah menguap.

Kehilangan air pada komoditas tergantung dari defisit tekanan uap air antara komoditas dengan udara sekitar. Pada kelembaban nisbi udara (RH) dan laju pergerakan udara tertentu, kehilangan air dari komoditas akan meningkat sejalan meningkatnya temperatur. Kehilangan air juga dipengaruhi oleh perbedaan kelembaban antara ruangan dan bahan yang simpan.

Menurut Muchtadi (1992), kehilangan bobot komoditi hortikultura tidak hanya disebabkan oleh terjadinya penguapan air tetapi juga oleh hilangnya gas CO₂ hasil respirasi. Kehilangan air selama penyimpanan selain dapat menurunkan berat, tetapi juga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan.

Penyimpanan mutu bahan pangan dapat dikelompokkan ke dalam penyusutan kualitatif dan penyusutan kuantitatif. Penyusutan kualitatif adalah kerusakan akibat perubahan-perubahan biologi (mikrob, serangga, tungau, respirasi), perubahan-perubahan fisik (tekanan, getaran, suhu, kelembaban) serta perubahan-perubahan kimia dan biokimia (reaksi pencoklatan, ketengikan, penurunan nilai gizi dan aspek keamanan terhadap manusia). Penyusutan kualitatif adalah kehilangan jumlah atau bobot hasil pertanian, akibat penanganan pasca panen yang tidak memadai, dan juga karena adanya gangguan biologis (proses respirasi, serangan serangga dan tikus).

Bahan pangan dikatakan tidak layak konsumsi apabila bahan tersebut telah mengalami penyusutan kualitatif artinya bahan tersebut mengalami penurunan mutu. Bahan pangan disebut rusak apabila bahan pangan tersebut telah kadaluarsa, yaitu telah melampaui masa simpan optimumnya, dan pada umumnya makanan tersebut menurun mutu gizinya meskipun penampakannya masih bagus (Syarif dan Halid, 1992).

2. Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut merupakan kandungan kadar gula yang terdapat pada buah dan sayur. Menurut Syarif (1994), kenaikan gula disebabkan oleh hidrolisa pati

menjadi senyawa-senyawa sukrosa, glukosa dan fruktosa dan kecepatan ini lebih besar daripada kecepatan pengubahan glukosa menjadi energi dan air sehingga dalam jaringan terjadi penimbunan gula selama penyimpanan. Gula akan meningkat selama penyimpanan namun pada batas klimaks kandungan gula akan menurun sehingga kandungan terpenoids penyebab rasa pahit pada wortel akan mendominasi, hal ini membuat wortel menjadi lebih pahit. Namun pada penyimpanan beku, wortel mempunyai rasa yang lebih manis karena terpenoids akan hilang pada saat proses pembekuan dan thawing (Kjellenberg, 2007).

Penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan dapat disebabkan kadar gula-gula sederhana yang mengalami perubahan menjadi alkohol, aldehida dan asam amino (Winarno dan Aman, 1981).

Pada wortel, kualitas dapat ditentukan oleh tingkat kemanisannya. Kualitas tingkat kemanisan wortel dipengaruhi oleh kandungan gulanya. Rasa manis merupakan daya tarik bagi konsumen untuk mengkonsumsi wortel. Penelitian lain menyebutkan bahwa temperatur yang rendah akan mempengaruhi rasa asam, rasa pahit, kerenyahan dan kandungan air pada wortel, sedangkan pada suhu tinggi akan mempengaruhi rasa pahit dan kekerasan tekstur pada wortel (Szymczak *et al*, 2007). Rasa manis dan pahit pada wortel tergantung dari genetik dan faktor lingkungan. Pemilihan cara penanaman dapat sangat berpengaruh terhadap rasa wortel sebelum sampai ke konsumen (Kjellenberg, 2007).

3. Warna

Warna merupakan salah satu bagian yang dinilai konsumen tentang mutu. Tingkat kematangan dan kandungan vitamin dalam banyak jenis buah-buahan serta sayuran dapat dinilai dari warnanya. Jika warna dari bahan pangan ada yang menyimpang maka konsumen akan menilai bahwa mutunya telah berkurang (Soekarto, 1985). Warna pada wortel tergantung dari genotifnya. Wortel berdasarkan jenisnya terdiri dari warna orange, merah, kuning, dan putih. Warna juga menunjukkan kualitas dan rasa dari wortel tersebut (Szymczak *et al*, 2007).

Warna dinyatakan normal apabila umbi wortel segar mempunyai warna asli sesuai dengan varietasnya, tetapi tidak pucat. Menurut Pantastico (1989), bahwa suhu sangat mempengaruhi terjadinya degradasi khlorofil dan pembentukan pigmen pada buah dan sayuran. Peranan warna merupakan salah satu indeks mutu bahan pangan yang perlu diperhatikan karena pada umumnya konsumen sebelum mempertimbangkan parameter lain (rasa, nilai gizi dan lain-lain) pertama-tama akan tertarik pada warna bahan (Muchtadi, 1992).

F. Media dan Metode Penyimpanan

1. Aluminium

Konduktor panas terbuat dari logam, contohnya: aluminium, besi, baja, tembaga, seng. Konduktor disebut juga penghantar panas. Logam yang paling baik menghantarkan panas adalah aluminium. Aluminium memiliki sifat penghantar panas yang baik, selain itu aluminium bahannya ringan dan murah. Panas dapat

merambat melalui benda padat, cair dan gas. Logam adalah benda yang paling cepat merambat panas (stephaniefani, 2011).

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi, dan hantaran listrik yang baik. Terang dan kuat merupakan konduktor yang baik untuk panas. Suhu pada aluminium menyesuaikan terhadap suhu lingkungan. Pemakaian aluminium saat ini semakin meluas dikarenakan aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain :ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik.

2. Air Pendingin

Air pendingin adalah air yang digunakan untuk menyerap panas (Anonim,2008).

Air pendingin pada penyimpanan berfungsi untuk memberikan kondisi suhu yang lebih rendah dan juga digunakan untuk mempertahankan suhu pada media penyimpanan.

Air memiliki karakteristik yang khas, menurut Effendi (2007), karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Pada kisaran suhu yang sesuai yakni $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$, air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air.

- b. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpanan panas yang sangat baik. Sifat ini juga menyebabkan air sangat baik digunakan sebagai pendingin mesin.
- c. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (*evaporasi*) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar. Proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar.
- d. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air.

Menurut waktu dan tempat, air dapat berubah kedalam tiga bentuk/sifat yakni air sebagai bahan padat, air sebagai cairan, dan air sebagai uap seperti gas (Gabriel, 2001)

3. Serbuk Gergaji

Industri penggergajian kayu pada umumnya menghasilkan limbah yang berupa serbuk gergaji 10,6%, sebetan 25,9% dan potongan 14,3% dengan total limbah sebesar 50,8% dari jumlah bahan baku yang digunakan (Setyawati, 2003).

Serbuk gergaji merupakan pilihan media yang aman dan efisien karena dapat mempertahankan dingin dengan baik, tekstur halus, tidak mudah rusak, nilai ekonomisnya rendah sehingga biayanya murah (Wibowo, 1993).

Serbuk gergaji mempunyai panas jenis besar karena memiliki daya serap air yang tinggi. Serbuk gergaji yang digunakan sebagai media penyimpanan adalah serbuk gergaji kayu (Junianto, 2002). Kayu memiliki sifat konduktor yang buruk karena bahannya yang berpori

4. Pasir

Pasir merupakan hasil gigisan batu-batuan yang keras dan tajam, pasir jenis ini butirannya cukup baik. Batu pasir merupakan batu-batu yang renggang namun mempunyai kepadatan yang cukup baik (*Compact*), yang terdiri dari fragmen-fragmen dengan diameter berkisar di antara 0,05 mm sampai 0,2 mm, dan fragmen-fragmen tersebut menyatu dan mengeras (*cemented*). Pasir memiliki sifat penghantar panas yang baik. Ukuran pasir mempengaruhi kecepatan dalam menghantarkan panas. Konduktivitas panas pada pasir akan menurun dengan semakin bertambahnya ukuran diameter pasir tersebut, kondisi ini disebabkan karena semakin besar diameter maka kandungan udara di dalam tumpukan pasir semakin besar udara (Mohsenin, 1980). Pasir yang berukuran lebih kecil memiliki konduktivitas menghantarkan panas lebih besar dari pada pasir yang berukuran besar, sehingga panas yang ada dapat dihantarkan dengan lebih cepat oleh pasir yang berukuran lebih kecil. Hal ini menyebabkan suhu udara yang terdapat pada pasir ukuran kecil lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu udara pasir yang ukurannya lebih besar (Yessi, 2011).

5. Penyimpanan dengan media pasir

Penggunaan media penyimpanan pasir yang sudah disterilkan, akan dapat mempertahankan kandungan kadar air dari komoditas yang disimpan. Salah satu cara mensterilkan pasir yaitu dengan menyangrainya, hal ini bertujuan untuk membunuh mikroba pembawa penyakit pada pasir. Pasir akan dapat menghambat penguapan air pada komoditas, karena partikel-partikel dari pasir kecil ini dapat menghambat uap air komoditas yang disimpan. Pada ubi jalar, selama penyimpanan, penyusutan bobot dapat mencapai 2% setiap bulan (Heddy, 1994).

Rukmana (1997), menyatakan bahwa pasir dan abu merupakan media penyimpanan ubi jalar yang paling baik. Cara penyimpanan seperti ini dapat mempertahankan daya simpan ubi sampai lima bulan. Penggunaan pasir sebagai media penyimpanan telah banyak diterapkan, diantaranya digunakan untuk penyimpanan ubi jalar, singkong, melinjo, dan kelapa muda. Penyimpanan ubi jalar yang paling baik dilakukan dalam pasir, yaitu timbun ubi dengan pasir kering atau abu setebal 20-30 cm hingga semua permukaan ubi tertutup. Cara penyimpanan ini dapat mempertahankan daya simpan ubi sampai 5 bulan (Kostaman, 2010). Hal yang penting dilakukan dalam penyimpanan ubi jalar adalah melakukan pemilihan ubi yang baik, tidak ada yang rusak atau terluka, dan ruang penyimpanan bersuhu rendah antara 27-30⁰C dengan kelembaban udara antara 85-90%.

Penyimpanan singkong dalam pasir yaitu dengan cara singkong - singkong tersebut diatur berjejer rapat dalam bak batu bata yang ditumpuk tanpa menggunakan semen dan dasarnya sudah ditutup pasir kering setebal 5 cm.

Jejeran singkong tersebut ditutup lagi dengan pasir setinggi 5 cm, begitu seterusnya sampai pasir terakhir berjarak 10 cm dari tepi bahan.

Setelah itu di atas pasir ditutup lagi dengan batu bata dan yang terakhir ditutup seng. Pada penyimpanan seperti ini, bak batu bata harus didirikan pada tempat yang aman serta tidak terkena air hujan. singkong segar dapat tahan 1 - 2 bulan.

Pada kelapa muda, buah yang disimpan dalam pasir, mutunya (daging dan air kelapa) dapat bertahan 4-5 hari, sementara penyimpanan di ruang terbuka, mutu air kelapa hanya bertahan 40 jam (Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, 2000). Berdasarkan penelitian (Yessi, 2011), pasir ukuran 2 mm tanpa air pendingin dapat mempertahankan umur simpan wortel selama 24 hari.

6. Penyimpanan dengan media serbuk gergaji

Menurut Junianto (2002), media serbuk gergaji memiliki keunggulan yaitu pada performa suhu. Serbuk gergaji mampu mempertahankan suhu rendah lebih lama yaitu 9 jam tanpa bantuan es. Serbuk gergaji pada umumnya telah digunakan sebagai media penyimpanan antara lain sebagai media penyimpanan ubi jalar dan benih kakao. Penyimpanan menggunakan serbuk gergaji lembab dapat mempertahankan umur simpan ubi jalar selama 1,5 bulan (Bantista, 1981), sedangkan pada benih kakao umur simpannya 28 hari.

Selain itu serbuk gergaji juga pernah digunakan dalam penyimpanan umbi. Serbuk gergaji yang di gunakan adalah serbuk gergaji lembab dengan kadar air 50 % dan digunakan secara berlapis-lapis. Kondisi serbuk gergaji yang basah menyebabkan kelembaban dalam media simpan menjadi tinggi sehingga memungkinkan proses *curing* pada umbi segar, sekaligus menghambat proses penguapan air sehingga kesegaran relatif tetap.

Dengan tertutupnya umbi oleh serbuk gergaji, reaksi oksidasi yang menyebabkan pewarnaan pada umbi juga dapat dihindari. Penyimpanan dengan cara ini umbi dapat disimpan selama satu bulan, 75-85 % umbi masih dapat dipasarkan (Erliana, 2011).