

PENGARUH ETILEN DAN SUHU SIMPAN TERHADAP PERUBAHAN MUTU BUAH MANGGIS

Ismadi¹⁾, Roedhy Poerwanto²⁾, Darda Efendi²⁾, Maria Bintang³⁾,
Deddy Muchtadi⁴⁾, Sutrisno⁵⁾

¹⁾Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh Aceh
Reuleut Aceh Utara 24355; Email: ismadi.yunus@yahoo.com

²⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³⁾Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁴⁾Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Gedung Fateta Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁵⁾Departemen Teknologi Pascapanen, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Diterima: 13 Maret 2012; Disetujui untuk publikasi: 18 Oktober 2012

ABSTRACT

Effect of ethylene and storage temperature to the changes of quality of mangosteen fruit. Mangosteen is a short shelf-life fruit especially at room temperature, the pericarp is hardening quickly. Pericarp hardening allegedly associate with the cell water transpiration, increasing lignin content in the pericarp and ethylene production. This study aimed to determine the effect of exogenous ethylene and storage temperature during pericarp hardening of mangosteen fruit. This research was arranged in Randomized Block Design (RBD) with two factors and three replications. The first factor, was ethylene treatment i.e 0 and 400 ppm, the second factor was storage temperature i.e. $15^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ and room temperature ($27,5^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$). The results showed that the temperature treatment of 15°C could an extend the mangosteen fruit shelf life longer than the room temperature treatment. Mangosteen fruit stored at a temperature of 15°C , had lower level of resistance and hardness, higher water content, lower shrinkage, colour change longer, and had higher TSS and acidity. Mangosteen fruit was less sensitive to ethylene treatment, in which ethylene treatment did not give significant effect on all variables were observed.

Key words: *resistence, water content, and weight loss*

ABSTRAK

Buah manggis termasuk buah klimaterik yang berumur simpan pendek terutama pada suhu kamar; ditandai dengan perikarpnya yang cepat mengeras. Pengerasan perikarp diduga terkait dengan transpirasi air sel, peningkatan kandungan lignin dan produksi etilen. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan etilen dan suhu penyimpanan terhadap pengerasan perikarp buah manggis. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah perlakuan etilen dengan dosis 0, dan 400 ppm, dan faktor kedua adalah suhu penyimpanan yakni $15^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan suhu kamar ($27,5^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu 15°C dapat memperpanjang umur simpan buah manggis lebih lama dibandingkan dengan perlakuan suhu kamar. Buah manggis yang disimpan pada suhu 15°C mempunyai tingkat resistensi dan kekerasan yang lebih rendah, kadar air yang lebih tinggi, susut bobot lebih rendah, lebih lama terjadi perubahan warna, dan mempunyai Padatan Total Terlarut (PTT) dan Total Asam Teritrasi (TAT) yang lebih tinggi. Buah manggis kurang sensitif terhadap perlakuan etilen, dimana perlakuan etilen tidak memberikan pengaruh yang nyata pada semua peubah yang diamati.

Kata kunci: *resistensi, kadar air, susut bobot*

Pengaruh Etilen dan Suhu Simpan Terhadap Perubahan Mutu Buah Manggis (Ismadi, Roedhy Poerwanto, Darda Efendi, Maria Bintang, Deddy Muchtadi, Sutrisno)

PENDAHULUAN

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) merupakan salah satu buah yang mempunyai nilai ekonomi tinggi di Indonesia. Volume ekspor manggis terus meningkat, dari 5.697 ton dengan nilai US\$ 3,612 juta pada tahun 2006 menjadi 11,388 ton dengan nilai US\$ 8,754 juta pada tahun 2010 (BPS, 2011). Walaupun volume ekspor terus naik, namun buah yang dapat diekspor pada tahun 2010 hanya 11.388 ton (13,57%) dari 84.538 ton buah manggis yang diproduksi (BPS, 2012).

Rendahnya persentase ekspor manggis antara lain disebabkan oleh cepat mengerasnya perikarp buah, sehingga umur simpannya pendek, terutama pada suhu kamar. Pengerasan perikarp buah manggis diduga disebabkan oleh transpirasi dan peningkatan kandungan lignin dalam perikarp buah. Tanaman pada umumnya mensintesis lignin dalam jumlah yang sangat banyak; 15-36% dari berat kering kayu terdiri atas lignin. Sel-sel yang mengakumulasi lignin seperti sklerenkima seringkali memodifikasi dinding sel sehingga terjadi penebalan dinding sel sekunder, yang menyebabkan sel-sel menjadi keras (Whetten dan Sederoff, 1995). Ketika perikarp buah manggis mengalami pengerasan, kandungan lignin akan semakin meningkat sedangkan total fenolik mengalami penurunan (Uthairatanakij dan Ketsa, 1996).

Penyimpanan buah pada suhu dingin dapat mempertahankan kelunakan perikarp buah, tetapi pada suhu yang terlalu rendah (<10°C) akan terjadi *chilling injury* (CI) yang ditandai dengan pengerasan perikarp buah manggis dan perubahan warna mesokarp menjadi coklat (Dangcham dan Ketsa, 2007). Peningkatan kekerasan perikarp buah manggis yang disimpan pada suhu dingin juga karena terjadi peningkatan kandungan lignin di dalam perikarpnya (Uthairatanakij dan Ketsa, 1996).

Etilen adalah hormon tanaman yang terlibat dalam banyak aspek kehidupan tanaman termasuk dalam mempercepat pemasakan buah

(Taiz dan Zieger, 1991; Reid, 1992; Wang *et al.*, 2002) dan memegang peranan penting dalam pemasakan buah klimakterik (Chaves dan Mello-Farias, 2006). Etilen memberikan pengaruh yang nyata terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak klimakterik. Pada buah-buahan klimakterik, pemberian etilen mempercepat terjadinya puncak respirasi, tetapi tidak mengubah bentuk kurva respirasi dan tidak menimbulkan perubahan pada zat-zat utama yang terkandung dalam buah.

Buah manggis tergolong buah klimakterik, yang ditandai dengan peningkatan produksi etilen dan respirasi selama pemasakan (Paliyath *et al.*, 2008). Laju produksi etilen saat klimakterik pada suhu 25°C mencapai 29,72 µl/kg.jam (Osman dan Milan, 2006). Klimakterik (puncak respirasi) terjadi 10 hari setelah panen pada buah yang disimpan pada suhu ruang (Martin, 1980). Terkait dengan tekstur buah, berbeda dengan buah klimakterik pada umumnya, buah manggis justru mengeras pada hari ke 14-16 sesudah panen apabila disimpan pada suhu ruang (Inayati, 2009; Qanitha, 2004; Sartika, 2010). Pengerasan perikarp buah manggis terjadi hampir bersamaan dengan puncak klimakterik seperti yang dilaporkan oleh Osman dan Milan (2006) dan Martin (1980). Dalam penelitian ini buah manggis disimpan pada suhu kamar (buah manggis mengeras lebih cepat) dan suhu 15°C (buah manggis mengeras lebih lambat). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perlakuan etilen dan suhu simpan terhadap perubahan mutu buah manggis.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai Juni 2010 di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP) Fakultas Teknologi Pertanian, dan Laboratorium Pascapanen, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Bahan yang digunakan berupa buah manggis dengan stadia kematangan dua, dengan ciri-ciri perikarp buah kuning kemerahan dengan sedikit bercak merah (104-108 hari sejak bunga mekar). Buah manggis dipetik pada stadia satu dan diperlakukan 24 jam kemudian, pada saat itu buah telah mencapai stadia kematangan dua. Buah dipanen dari Kiarapedes, Kabupaten Purwakarta. Pengangkutan buah dilakukan dengan menggunakan mobil *pick-up* dan buah ditempatkan didalam keranjang plastik dengan bobot buah satu keranjang 25 kg. Bahan kimia yang digunakan adalah etilen murni, NaOH 0,1 N, indikator pp 1% dan aquadest. Alat yang digunakan diantaranya ruang pendingin, oven, timbangan analitik, kontainer plastik isi 135 l, suntikan dan *rheometer* (pengukur kekerasan buah).

Metode

Penelitian dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah perlakuan etilen dengan dosis 0 dan 400 ppm. Faktor kedua adalah suhu penyimpanan $15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan suhu kamar ($27,5^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$). Kelembaban relatif (RH) 91,5% pada suhu 15°C dan 72% pada suhu kamar. Pengamatan dilakukan dua hari sekali, mulai dari hari ke-0 sampai dengan hari ke-28 hari setelah perlakuan (HSP).

Buah manggis dengan tingkat kematangan dua diperlakukan dengan etilen murni pada suhu kamar. Agar perlakuan etilen merata ke semua bagian, buah dimasukkan sebanyak 25% dari volume kontainer plastik yang dilengkapi dengan kipas angin kecil di dalamnya. Kemudian kontainer plastik ditutup rapat agar tidak ada udara yang masuk atau ke luar kontainer. Etilen murni disuntikan ke dalam kontainer plastik dengan menggunakan suntikan dan dibuka setelah 24 jam. Buah kemudian disimpan pada suhu kamar atau dalam ruang pendingin dengan suhu 15°C sesuai dengan perlakuan.

Peubah yang diamati sebagai berikut: (1) kekerasan perikarp buah. Kekerasan perikarp buah diukur dengan menggunakan *rheometer* (*Sun Scientific co., LTD. Jepang*). Bahan ditusuk pada tiga bagian mengelilingi bagian tengah buah. Buah diletakkan di bawah jarum penusuk dengan kecepatan turun jarum 60 mm/detik dan ditusuk hingga kedalaman 3 mm. Kekerasan perikarp buah manggis dinyatakan dalam kgf. Pada uji kekerasan yang diukur adalah kekuatan dinding sel yang ditembus jarum. (2) Daya resistensi perikarp buah. Uji ini dilakukan untuk mengetahui mudah tidaknya buah manggis dibuka. Cara kerja alat uji resistensi dengan memberikan sejumlah tekanan pada bidang buah seluas 1 cm^2 . Daya resistensi buah dihitung dengan satuan kgf/cm^2 . Tingkat resistensi ditentukan berdasarkan skor, skor: $0 < x \leq 1\text{ kg f/cm}^2$ (sangat rendah) - $x > 5\text{ kg f/cm}^2$ (sangat tinggi) (Poerwanto *et al.*, 2011). (3) Pengukuran kadar air perikarp buah (%) dilakukan dengan menimbang perikarp sebelum dan sesudah dikeringkan dalam oven selama 96 jam pada suhu 105°C . Persentase kadar air perikarp buah dihitung berdasarkan perubahan bobot. (4) Susut bobot buah. Susut bobot buah yang sama ditimbang dua hari sekali. Susut bobot didasarkan pada perhitungan persentase penurunan bobot bahan dari awal sampai akhir penyimpanan.

Peubah yang diamati selanjutnya (5) Padatan total terlarut. Sari daging buah diteteskan pada lensa refraktrometer dan hasilnya dinyatakan dengan $^{\circ}\text{Brix}$. (6) total asam tertitrasi. Bahan ditimbang sebanyak 10 g, dihancurkan, dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambah aquades hingga 100 ml kemudian dikocok dan disaring dengan kertas saring. Selanjutnya diambil sebanyak 25 ml filtrat dititrasi dengan NaOH 0.12487 N menggunakan indikator fenoltalein (PP) sampai warna merah muda. Titrasi dilakukan secara duplo. (7) warna perikarp dan sepal. Warna perikarp dan sepal buah diukur dengan menggunakan *Colour Reader Konica Minolta CR-310*. Alat ini mempunyai sistem notasi warna hunter (sistem

warna L, a, dan b). Sistem warna L menyatakan parameter kecerahan (*brightness*) dengan nilai 0 (hitam) sampai 100 (putih). Sistem warna a dan b merupakan koordinat-koordinat kromatisitas, a menyatakan bahwa kromatik campuran merah hijau dengan nilai +a dari 0 sampai +60 untuk warna merah dan -a dari 0 sampai -60 untuk warna hijau. Nilai b menyatakan warna kromatik campuran kuning biru dengan nilai +b dari 0 sampai +60 untuk warna kuning dan nilai -b dari 0 sampai -60 untuk warna biru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan Perikarp Buah

Pemasakan buah berhubungan dengan perubahan pada rasa, tekstur, warna, dan aroma (White, 2002). Terkait dengan tekstur, pada umumnya buah klimaterik menjadi lunak setelah puncak respirasi, sedangkan buah manggis justru mengalami pengerasan perikarp. Peningkatan pengerasan perikarp yang tinggi mulai terjadi pada hari ke-22, baik pada buah yang diberi perlakuan suhu maupun yang diberi perlakuan etilen (Tabel 1). Pada perlakuan suhu kamar terjadi peningkatan kekerasan perikarp sangat nyata pada hari ke-22, sedangkan pada perlakuan

suhu 15°C terjadi pada hari ke-28. Pada perlakuan etilen, peningkatan kekerasan juga terjadi hari ke-22, namun tidak terdapat perbedaan antara buah yang diberi etilen maupun yang tidak.

Selama penyimpanan terjadi peningkatan kekerasan perikarp buah manggis. Peningkatan kekerasan perikarp buah manggis diduga berhubungan dengan terjadinya kehilangan air dari perikarp dan susut bobot. Kehilangan air dari sitoplasma menyebabkan sel-sel mengkerut, sehingga dinding sel saling menempel secara lebih luas satu dengan yang lain. Pektin dari sel bersebelahan menjadi saling berikatan. Hal ini menyebabkan perikarp buah manggis menjadi lebih kokoh dan sulit untuk dibuka. Di samping itu pengerasan perikarp buah manggis terkait dengan peningkatan kandungan lignin perikarp buah. Pada saat perikarp buah manggis mengalami pengerasan maka kandungan lignin akan semakin meningkat (Bunsiri *et al.*, 2003). Hal ini karena sel-sel yang mengakumulasi lignin seperti silem dan sklerenkima seringkali memodifikasi dinding sel dengan penebalan dinding sel sekunder yang menyebabkan sel-sel menjadi keras (Whetten, 1995).

Tabel 1. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap kekerasan (kgf) perikarp buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	0,723a	0,427a	0,470b	0,555a	0,539a	0,690a	1,874a	-	-
Suhu 15°C	0,722a	0,500a	0,583a	0,587a	0,593a	0,681a	0,759b	0,778	2,373
Uji Duncan	tn	tn	**	tn	tn	tn	**		
Etilen									
Etilen 0 ppm	0,7153a	0,472a	0,521a	0,586a	0,613a	0,662a	1,482a	-	-
Etilen 400 ppm	0,7307a	0,453a	0,532a	0,556a	0,519a	0,708a	1,151a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn		

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0,05.

[^] = data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

- = data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Tabel 2. Pengaruh etilen dan suhu simpan daya resistensi (kgf/cm^2) perikarp buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	2,525a	1,567a	1,733a	1,783a	1,717a	2,733a	4,475a	-	-
Suhu 15°C	2,233a	1,733a	1,775a	1,567a	1,750a	1,817b	2,183b	2,300	2,300
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	*	**		
Etilen:									
Etilen 0 ppm	2,681a	1,600a	1,800a	1,642a	1,667a	2,217a	2,433a	-	-
Etilen 400 ppm	2,267a	1,700a	1,708a	1,708a	1,800a	2,333a	2,167a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0,05.

[^] = data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

- = data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Daya Resistensi Perikarp Buah Manggis

Pada Tabel 2 terlihat bahwa peningkatan daya resistensi perikarp secara tajam terjadi pada hari ke-20 baik pada buah yang disimpan pada suhu kamar, tanpa perlakuan etilen dan perlakuan etilen 400 ppm. Pada buah manggis yang disimpan pada suhu 15°C peningkatan daya resistensi baru mulai terlihat pada hari ke-22. Pada perlakuan suhu di hari ke-20 terjadi perbedaan yang nyata untuk daya resistensi dimana buah yang disimpan pada suhu kamar mempunyai tingkat resistensi yang lebih tinggi. Setelah hari ke-20 daya resistensi buah yang disimpan pada suhu kamar meningkat sangat tajam dan berbeda sangat nyata dengan buah yang disimpan pada suhu 15°C. Pada perlakuan etilen, juga terjadi peningkatan daya resistensi perikarp buah seiring dengan makin lamanya penyimpanan namun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Uji daya resistensi yang dilakukan dengan memberikan tekanan tertentu pada buah utuh sampai perikarpnya pecah. Proses pecahnya buah diawali dengan retaknya bagian-bagian perikarp yang paling lunak. Pada uji daya resistensi yang diukur berupa kekuatan ikatan antar sel

bersebelahan pada buah yang diberi tekanan tertentu. Pada buah yang resistensinya rendah, ikatan antar sel lemah dan sebaliknya sehingga mudah dibuka.

Peningkatan daya resistensi diduga berhubungan dengan terjadinya kehilangan air dari perikarp dan susut bobot. Buah yang disimpan pada suhu kamar mengalami peningkatan resistensi perikarp yang mulai terlihat pada hari ke-20 dan meningkat drastis pada hari ke-22. Ini berhubungan dengan kadar air perikarp yang mulai menurun tajam pada hari ke-16 (Tabel 3). Waktu mulai terjadinya peningkatan daya resistensi perikarp bersamaan dengan waktu terjadinya peningkatan kekerasan perikarp yaitu pada hari ke -20 setelah simpan.

Tingkat daya kekerasan dan resistensi paling rendah perikarp buah manggis terjadi pada hari ke-4 sampai ke-12. Hal ini karena puncak aktivitas enzim poligalakturonase perikarp buah manggis yang disimpan pada suhu ruang dan suhu 15°C terjadi pada hari ke-6 dan turun secara drastis pada hari ke-12 setelah simpan (Auliani, 2009). Puncak aktivitas ini menunjukkan bahwa jumlah dan kinerja enzim poligalakturonase berada pada kondisi yang tinggi dalam mengubah

substratnya yaitu Na-polipektat menjadi asam D-galakturonat. Puncak perubahan Na-polipektat menjadi asam D-galakturonat akan menyebabkan tingkat resistensi perikarp menjadi lebih rendah karena perikarp buah menjadi lebih lunak. Setelah hari ke-12, aktivitasnya enzim galakturonase menurun drastis hingga penyimpanan hari ke-20. Penurunan drastis ini mungkin disebabkan oleh menurunnya kadar air perikarp buah yang tinggi. Hal ini karena aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh keberadaan air pada suatu bahan. Pada kadar air yang rendah akan terjadi hambatan difusi antara enzim dan substrat (Winarno, 2010).

Daya resistensi menunjukkan kemampuan buah dibuka setelah diberi sejumlah tekanan. Semakin besar nilai resistensi perikarp buah, maka semakin besar tingkat kekerasan buah tersebut, sehingga lebih sulit dibuka secara normal. Pola resistensi perikarp buah sama dengan pengerasan perikarp. Tingkat Resistensi tertinggi pada perlakuan suhu ruang terjadi pada pengamatan hari ke 20. Sedangkan pada buah yang disimpan pada suhu 15°C terjadi pada pengamatan hari ke 26. Batas tingkat penerimaan buah dengan maksimal nilai resistensi 3 kgf/cm² (Poerwanto *et al.*, 2011). Jika lebih besar dari tiga, maka buah sudah sulit dibuka dan mengindikasikan bahwa arilnya sudah mulai

Tabel 3. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap kadar air (%) perikarp buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	66,296	65,072	65,301	63,395	61,490	60,168	61,899	-	-
Suhu 15°C	66,334	65,973	65,511	63,183	62,150	62,534	62,276	62,223	63,124
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn		
Etilen:									
Etilen 0 ppm	65,861	64,766b	64,909	64,474	61,821	60,815	61,465	-	-
Etilen 400 ppm	66,769	66,279a	65,902	62,104	61,819	61,887	62,710	-	-
Uji Duncan	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn		

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pad uji Duncan taraf 0.05.

[^]= data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

-= data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Manggis yang disimpan pada suhu 15°C masih dapat dikonsumsi delapan hari lebih lama daripada buah yang disimpan pada suhu ruang. Hal ini karena perlakuan suhu ruang menyebabkan terjadinya transpirasi yang lebih cepat sehingga perikarp buah manggis menjadi lebih cepat layu, mengeras dan mengering. Pada suhu lebih rendah dari 15°C buah manggis mengalami pengerasan perikarp akibat *chilling injury* yang menyebabkan buah sulit untuk dibuka.

membusuk dan tidak layak konsumsi lagi.

Kadar Air (%) Perikarp Buah

Kehilangan air merupakan faktor utama deteorasi pada produk hortikultura, karena menyebabkan kehilangan bobot, serta menyebabkan rusaknya penampilan seperti layu dan pengerutan. Kadar air perikarp buah manggis pada kondisi sebelum perlakuan 65%-67%. Makin lama disimpan, maka persentase kadar air

perikarpnya semakin menurun. Persentase kadar air perikarp buah lebih tinggi pada perlakuan suhu 15°C dibandingkan suhu ruang. Hal ini membuktikan bahwa penyimpanan pada suhu 15°C dengan kelembaban tinggi (71-99%), dapat menekan kehilangan uap air (Tabel 3). Namun tidak terdapat perbedaan yang nyata antar semua perlakuan, kecuali pada hari ke-4.

Setelah panen, komoditi segar akan terus mengalami kehilangan air yang menguap ke lingkungan sekelilingnya melalui pori-pori di dipermukaan buah dan melalui permukaan produk yang luka. Kehilangan air ini tidak akan dapat digantikan dengan perlakuan apapun. Banyak produk menjadi keriput atau layu setelah kehilangan air 3-5% dari beratnya. Laju kehilangan air ini dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban relatif lingkungan. Pada suhu tinggi dengan kelembaban rendah akan menyebabkan produk mengalami kehilangan air lebih cepat dibandingkan dengan kondisi suhu rendah dengan kelembaban tinggi. Jadi suhu rendah dengan kelembaban tinggi dapat mempertahankan lebih lama kesegaran suatu produk segar sehingga produk tersebut tidak segera mengalami pengeriputan dan kelayuan (Kader, 1992).

Pengerasan perikarp buah manggis terkait dengan kandungan air perikarp (Sartika,

2010), dimana buah yang telah mentranspirasikan sebagian airnya akan menyebabkan perikarp menjadi lebih keras. Hal ini diduga karena sel-sel perikarp yang pada awalnya bulat menjadi agak pipih karena kehilangan turgor. Perubahan tekanan turgor sel ini menyebabkan sel menciut sehingga ruang antar sel semakin menyempit dan pektin akan saling berikatan satu sama lain. Kejadian ini menyebabkan integritas perikarp menjadi lebih resisten terhadap tekanan, sehingga menjadi sulit dibuka (Azhar, 2007).

Susut Bobot (%) Perikarp Buah Manggis

Persentase susut bobot buah terbesar terjadi pada perlakuan penyimpanan suhu kamar, dimana susut bobotnya mencapai 27,83%. Buah yang disimpan pada suhu 15°C hanya mengalami susut bobot sebesar 8,63% pada hari ke-22 (Tabel 4). Hal ini karena penyimpanan pada suhu 15°C dengan kelembaban tinggi (rata-rata 99%), dapat menekan kehilangan uap air dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu kamar dengan kelembaban yang lebih rendah yakni rata-rata 72%.

Padatan Total Terlarut (PTT) (°Brix)

Buah yang masak akan mengalami perubahan rasa. Berubahnya rasa masam menjadi

Tabel 4. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap susut (%) bobot perikarp buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	0,000	2,433	5,673a	7,977a	12,029a	19,791a	27,849a	-	-
Suhu 15°C	0,000	1,876	3,798b	5,555b	7,063b	7,975b	8,628b	9,261	10,924
Uji Duncan	tn	tn	**	**	**	**	**	**	**
Etilen:									
Etilen 0 ppm	0,000	2,437	4,916	7,116	9,674	10,550	19,384	-	-
Etilen 400 ppm	0,000	1,876	4,556	6,416	9,418	11,585	17,093	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pad uji Duncan taraf 0.05.

[^]= data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

- = data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Pengaruh Etilen dan Suhu Simpan Terhadap Perubahan Mutu Buah Manggis (Ismadi, Roedhy Poerwanto, Darda Efendi, Maria Bintang, Deddy Muchtadi, Sutrisno)

manis menunjukkan adanya pemasakan buah. Gula merupakan komponen utama bahan padat yang terlarut. Baik gula yang bebas maupun yang terikat pada zat lain merupakan komponen penting untuk mendapatkan rasa manis. Menurut

pada hari ke-4 sampai hari ke-8 karena buah sudah mengalami pemasakan, dan selanjutnya menurun secara perlahan-lahan (Tabel 5). Penurunan PTT selama penyimpanan disebabkan kadar gula-gula sederhana yang mengalami

Tabel 5. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap PTT aril buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Simpan									
Suhu Kamar *	17,367	18,567b	19,000	16,150	15,950	14,517	13,817	-	-
Suhu 15°C	16,817	19,967a	19,100	17,033	15,550	15,650	14,567	14,600	14,700
Uji Duncan	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn		
Etilen Eksogen									
Etilen 0 ppm	17,467	19,950a	18,750	16,700	15,800	15,117	14,200	-	-
Etilen 400 ppm	16,717	18,583b	19,350	16,483	15,700	15,050	14,183	-	-
Uji Duncan	tn	*	tn	tn	tn	tn	tn	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0.05.

[^]= data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

-= data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Mattoo *et al.* (1989) rasa manis disebabkan adanya peningkatan jumlah gula-gula sederhana dan berkurangnya senyawa fenolik. Semakin tinggi kandungan padatan total terlarut maka buah tersebut semakin manis.

Pada perlakuan suhu simpan 15°C PTT manggis lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan suhu kamar yang mulai terlihat pada pengamatan hari ke-4. Nilai PTT pada suhu kamar lebih rendah, karena respirasi pada suhu kamar lebih tinggi dibandingkan pada suhu 15°C. Hal ini karena karbohidrat merupakan substrat yang terus digunakan selama proses respirasi berlangsung. Pada perlakuan etilen tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap peubah PTT aril buah manggis.

Pada awal penyimpanan, PTT manggis berkisar 16,717-17,467^o Brix. Kandungan PTT manggis awal pada penelitian ini mendekati seperti yang dikemukakan oleh Kader (2003) yaitu antara 17-20^o Brix. Nilai PTT meningkat tajam

perubahan menjadi alkohol, aldehida, dan asam (Winarno, 2002). Semakin lama penyimpanan, komponen gula yang terurai semakin banyak sehingga padatan terlarut total akan semakin menurun.

Total Asam Tertitrasi (TAT) (%)

Total Asam Tertitrasi (TAT) buah manggis lebih tinggi pada perlakuan suhu 15°C dibandingkan dengan perlakuan suhu kamar selama penyimpanan. Hal ini mulai terlihat pada pengamatan hari ke-16. Nilai TAT pada suhu 15°C lebih tinggi karena respirasi pada suhu 15°C lebih rendah dibandingkan pada perlakuan suhu kamar. Pada perlakuan etilen tidak terdapat perbedaan yang nyata untuk peubah TAT aril buah manggis (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap TAT buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
<u>Suhu Simpan</u>	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
Suhu Kamar	1,506	0,527	0,681	0,501	0,529b	0,519	0,493	-	-
Suhu 15°C	1,412	0,555	0,719	0,514	0,610a	0,576	0,524	0,503	0,456
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	*	tn	tn		
<u>Etilen Eksogen</u>									
Etilen 0 ppm	1,399	0,553	0,687	0,484	0,572	0,546	0,502	-	-
Etilen 400 ppm	1,519	0,529	0,713	0,531	0,568	0,548	0,515	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0.05.

[^] = data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

- = data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

Secara umum nilai TAT mengalami penurunan seiring dengan lamanya penyimpanan. Penurunan TAT karena karena asam-asam organik dalam buah digunakan sebagai substrat dalam respirasi selama buah disimpan. Wills dan Glason (1981) menyatakan bahwa asam-asam organik merupakan cadangan energi bagi buah dan akan menurun selama peningkatan aktivitas metabolime pada waktu pemasakan. Penurunan TAT dalam buah setara dengan naiknya laju respirasi buah selama penyimpanan. Namun perubahan keasaman buah selama penyimpanan dapat berbeda-beda sesuai dengan tingkat kematangan buah dan tingginya suhu penyimpanan. Buah-buah hijau yang sudah tua dan sedang berubah warnanya meningkat jumlah keasamannya, dan kenaikan itu terjadi bersamaan dengan pola klimakteriknya. Suryanti *et al.* (1999) mengemukakan bahwa pola perubahan kandungan asam pada manggis adalah semakin tinggi kandungan asamnya seiring semakin tua buahnya.

Warna Perikarp dan Sepal

Warna buah manggis merupakan kriteria utama yang digunakan untuk penilaian

kematangan dan pengelasan. Buah biasanya dipanen pada tingkat kematangan yang berbeda, mulai dari kuning kehijauan dengan beberapa titik merah muda sampai warna ungu tua (Palapol *et al.*, 2009), atau pada 104 hari setelah bunga mekar (Suyanti dan Setyadjid, 2007). Nilai kecerahan (L) perikarp dan sepal mengalami penurunan seiring lamanya masa penyimpanan. Ini menunjukkan bahwa tingkat kecerahan perikarp dan sepal menuju ke warna hitam. Nilai kecerahan perikarp pada perlakuan suhu menunjukkan adanya perbedaan yang nyata mulai hari ke-16 dan sangat nyata pada hari ke-22, sedangkan nilai kecerahan (L) sepal pada perlakuan suhu tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Nilai a perikarp terus menurun selama penyimpanan baik yang disimpan pada suhu kamar maupun pada suhu 15°C. Nilai a pada suhu simpan 15°C lebih tinggi dari nilai a perikarp yang disimpan pada suhu kamar dan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata mulai hari ke-4 sampai hari ke-22 (Tabel 7). Pada perlakuan etilen, nilai a juga terus mengalami penurunan tetapi tidak terdapat perbedaan yang nyata antara yang diberi etilen maupun yang tidak.

Tabel 7. Pengaruh etilen dan suhu simpan terhadap kecerahan (L), nilai a, dan nilai b perikarp buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
..... Kecerahan (L)									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	42,167a	37,600a	37,367a	37,333a	37,400a	37,717a	37,867a	-	-
Suhu 15°C	41,467a	37,350a	37,100a	37,017a	36,617b	36,517b	36,300b	36,400	36,400
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	*	*	**	-	-
Etilen									
Etilen 0 ppm	42,067a	37,633a	37,317a	37,150a	36,933a	37,167a	37,100a	-	-
Etilen 400 ppm	41,517a	37,317a	37,150a	37,200a	37,083a	37,067a	37,067a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-
..... Nilai a									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	8,333	2,317b	1,250b	1,133b	1,233b	1,050b	1,017b	-	-
Suhu 15°C	8,500	4,833a	4,467a	4,050a	3,950a	3,750a	3,783a	3,740	3,800
Uji Duncan	tn	**	**	**	**	**	**	-	-
Etilen:									
Etilen 0 ppm	8,450a	3,550a	2,683a	2,517a	2,550a	2,500a	2,550a	-	-
Etilen 400 ppm	8,383a	3,600a	3,033a	2,667a	2,633a	2,300a	2,250a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-
..... Nilai b									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	10,983a	6,050a	5,650a	5,417a	5,733a	7,100a	7,283a	-	-
Suhu 15°C	10,100a	6,133a	5,850a	5,700a	6,533a	7,317a	7,383a	7,280	7,780
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-
Etilen									
Etilen 0 ppm	10,600a	6,050a	5,750a	5,583a	6,300a	7,250a	7,417a	-	-
Etilen 400 ppm	10,483a	6,133a	5,750a	5,533a	5,967a	7,167a	7,250a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0.05.

[^]= data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

- = data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= beda nyata; **= berbeda sangat nyata

Nilai a sepal yang disimpan pada suhu kamar dan suhu 15°C terus mengalami peningkatan mulai hari ke-0 sampai hari ke-28. Peningkatan nilai a (penurunan warna hijau) sangat nyata mulai hari ke-12, dimana sepal buah

yang disimpan pada suhu kamar lebih cepat kehilangan warna hijau dibandingkan dengan buah yang disimpan pada suhu 15°C (Tabel 8). Kehilangan warna hijau ini disebabkan terjadinya degradasi klorofil yang ada pada sepal. Semakin

Tabel 8. Pengaruh etilen eksogen dan suhu simpan terhadap kecerahan, nilai a, dan nilai b sepal buah manggis

Perlakuan	Pengamatan Hari ke-								
	0	4	8	12	16	20	22	24 [^]	28 [^]
..... Kecerahan (L)									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	45,983a	43,05a	41,833a	41,350a	41,317a	41,333a	41,500a	-	-
Suhu 15°C	46,367a	43,90a	42,667a	41,683a	41,717a	41,900a	41,750a	41,70	40,95
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn		
Etilen:									
Etilen 0 ppm	46,800a	43,970a	42,050a	41,483a	41,600a	41,500a	41,700a	-	-
Etilen 400 ppm	45,550a	42,980a	42,450a	41,550a	41,433a	41,733a	41,550a	-	-
Uji Duncan	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn	-	-
..... Nilai a									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	0,050a	1,550a	2,567	3,600a	4,017a	4,417 a	4,500	-	-
Suhu 15°C	-0,117a	1,033a	2,033	2,900 b	3,267b	3,450 b	3,767	3,800	3,860
Uji Duncan	tn	tn	tn	*	*	*	tn		
Etilen:									
Etilen 0 ppm	-0,383b	0,567b	1,933	2,933b	3,400	3,817	4,000	-	-
Etilen 400 ppm	0,317a	2,017a	2,667	3,567a	3,883	4,050	4,267	-	-
Uji Duncan	*	*	tn	*	tn	tn	tn	-	-
..... Nilai b									
Suhu Simpan:									
Suhu Kamar	17,800	14,267	12,067	12,250	12,317	13,267a	13,133	-	-
Suhu 15°C	19,050	14,333	12,583	11,617	12,783	12,900b	13,717	13,400	13,620
Etilen:	tn	tn	tn	tn	tn	*	tn		
Etilen 0 ppm	19,133	15,250	13,383a	12,433	12,917	12,933	13,550	-	-
Etilen 400 ppm	17,717	13,350	11,267b	11,433	12,183	13,233	13,300	-	-
Uji Duncan	tn	tn	*	tn	tn	tn	tn	-	-

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang Sama pada kolom dan aspek yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 0.05.

[^]= data hanya dari buah manggis pada suhu 15°C

-= data tidak tersedia (buah sudah membusuk)

tn= tidak nyata; *= berbeda nyata; **= berbeda sangat nyata

lama disimpan, maka sepal akan berubah menjadi warna coklat. Perubahan warna ini dimulai dari bagian sisi sepal dan perlahan-lahan menjalar ke seluruh sepal. Nilai b perikarp dan sepal terus mengalami penurunan seiring lamanya penyimpanan baik pada buah yang diperlakukan suhu maupun pada perlakuan etilen. Namun tidak terdapat perbedaan yang nyata antara semua perlakuan yang dicobakan.

Setelah panen dan selama penyimpanan, buah manggis akan mengalami perubahan warna perikarp buah. Perubahan warna perikarp buah manggis merupakan salah satu parameter kematangan buah. Hasil penelitian Suryanti *et al.* (1999) menunjukkan bahwa buah manggis yang dipanen pada 104 hari setelah bunga mekar (HSBM) dengan warna perikarp buah hijau dengan setitik noda ungu, warna perikarp buahnya berubah dengan cepat menjadi 10-25%

ungu kemerahan dalam satu hari pada penyimpanan suhu 25°C dengan *relatif humidity* (RH) 60-70% dan menjadi 100% ungu kemerahan setelah enam hari penyimpanan. Buah yang dipanen pada tingkat ketuaan merah ungu 10-25% akan berubah menjadi 100% ungu kemerahan setelah penyimpanan empat hari penyimpanan. Sedangkan buah yang dipanen pada tingkat ketuaan ungu merah 25-50% akan menjadi 100% ungu merah dalam waktu satu hari penyimpanan.

KESIMPULAN

1. Perlakuan penyimpanan suhu 15°C dapat memperpanjang umur simpan buah manggis lebih lama dibandingkan dengan perlakuan suhu kamar.
2. Buah manggis yang disimpan pada suhu 15°C mempunyai tingkat resistensi dan kekerasan yang lebih rendah, kadar air yang lebih tinggi, susut bobot lebih rendah, perubahan warna lebih lama, dan PTT dan TAT yang lebih tinggi. Ini merupakan kriteria yang diharapkan pada penyimpanan buah manggis.
3. Buah manggis kurang sensitif terhadap perlakuan etilen, dimana buah yang diberi perlakuan etilen tidak menyebabkan buah menjadi lebih cepat masak dibandingkan dengan buah yang tanpa perlakuan etilen. Hal ini diduga karena perikarp buah manggis yang tebal dan keras.

SARAN

Buah manggis disarankan disimpan pada suhu 15°C agar mempunyai masa simpan yang lebih lama. Untuk mempercepat terjadinya pemasakan pada buah manggis perlu dicoba perlakuan etilen dengan dosis yang lebih tinggi dari 400 ppm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Tim Pascasarjana-HPTP (Hibah Pasca) tahun 2010 dengan DIPA IPB, Kontrak Nomor: 9/13.24.4/SPK/PD/2010 tanggal 5 Maret 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Auliani, M. 2009. Perubahan kekerasan, kadar pektin, dan aktivitas poligalakturonase perikarp buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) pada penyimpanan [skripsi]. Departemen Biokimia FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Azhar, K.S. 2007. Pengkajian bahan pelapis, kemasan dan suhu penyimpanan untuk memperpanjang masa simpan buah manggis [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Produksi Buah-buahan di Indonesia 2012 [Diunduh tanggal 15 Februari 2012]. Tersedia di: http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=55¬ab=3.
- Bunsiri, A., S. Ketsa, and R.E. Paull. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damaged pericarp. *Postharvest Biology and Technology* 29 (61-71).
- Chaves, A.L.S., and P.C. de Mello-Farias. 2006. Ethylene and fruit ripening: From illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. *Genet. Mol. Biol.* 29(3).

- Dangcham, S., and S. Ketsa. 2007. Relationship between maturity stages and low temperature involved in the pericarp hardening of mangosteen fruit after storage. *Thai Journal of Agricultural Science*. 40(3-4)
- Inayati, U. K. 2009. Pengaruh kombinasi BA dan beberapa jenis bahan pelapis untuk memperpanjang daya simpan buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) [skripsi]. Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kader, A.A. 2003. Mangosteen, Recommendation for Maintaining Postharvest Quality. <http://rics.ucdavis.edu/postharvest/2/Produce/ProduceFact/Fruit/Mangosteen.s.html> [13 Januari 2011].
- Martin, W. 1980. Durian and mangosteen. In S.Nagi and P.E.Shaw (Eds) *Tropical and subtropical fruit composition properties and uses* pp 407-414.
- Mattoo, A.K., T. Murata, E.B. Pantastico, K. Chacin, dan C.T. Phan. 1989. Perubahan-perubahan kimiawi selama pematangan dan penuaan, hal. 160-197. *Dalam: E. B. Pantastico (Ed.) Fisiologi Pascapanen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Osman, M. and A. R. Milan. 2006. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) [e-book]. Southampton: Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, UK. Tersedia di: <http://www.cropsforthe future.org/publication/Monographs/Mangosteen%20monograph.pdf>.
- Palapol, Y., S. Ketsa, D. Stevenson, J.M. Cooney, A.C. Allan, and I.B. Ferguson. 2009. Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. *Posth.Biology and Technology*. 51:349-353.
- Paliyath, G., D.P. Murr, A. K. Handa, and S. Lurie. 2008. *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*. Iowa, Wiley-Blackwell Publishing.
- Poerwanto, R., D. Efendi, A. D. Susila. 2011. *Studi Peningkatan Kualitas Buah Manggis. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor, Bogor*.
- Qanithah. 2004. Kajian perubahan mutu buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) dengan perlakuan *precooling* dan penggunaan giberelin selama penyimpanan [tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Reid, M.S. 1992. Ethylene in Postharvest Technology in: Kader AA (Technical ed), *Postharvest Technology of Horticulture Crops*. Division of Agriculture and National Resource, University of California, California.
- Sartika, R. 2010. Pengaruh suhu dan kelembaban udara terhadap *shelf-life* dan karakteristik buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) selama penyimpanan [skripsi]. Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suyanti, A.B.S.T Rosmani, dan Sjaifullah. 1999. Pengaruh tingkat ketuaan terhadap mutu pascapanen buah manggis selama penyimpanan. *J. Hort.* 9 (51-58).
- Suyanti, dan Setyajid. 2007. Teknologi penanganan buah manggis untuk mempertahankan mutu selama penyimpanan. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 3 (66-73).

- Taiz L, Zieger E. 1991. Plant Physiology. California: The Benjamin/Cumming Publishing Company, Inc..
- Uthairatanakij, A., and S. Ketsa. 1996. Physico-chemical changes of pericarp of mangosteen fruit after low temperature storage, pp. 411-422. In S. Vijaysegaran, M. Puziah, M.S. Mohamad and S. Ahmad Tarmizi (eds.), Proceedings of International Conference on Tropical Fruits. Vol. I. MARDI, Serdang, Selangor, Malaysia.
- Wang, K.L.C., H. Li, and J. R. Ecker. 2002. Ethylene Biosynthesis and Signaling Networks. The Plant Cell. S131-S151.
- Whetten, R., and R. Sederoff. 1995. Lignin Biosynthesis. The Plant Cell. 7 (1001-1013).
- White, P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an Overview. Journal of Experimental Botany. 53 (377).
- Wills, G. and M.C. Glason. 1981. Postharvest an Intoduction of Fruit and Vegetables. London: Granada.
- Winarno, F.G. 2002. Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura. M-Biopres, Bogor.
- Winarno, F.G. 2010. Enzim Pangan. M-Biopres, Bogor.