

Kandungan Beberapa Zat Endogen pada Buah Retensi dan Buah akan Rontok pada Mangga

Content of Some Endogenous Substances on Persisting and Abscising Fruits of Mango

Sakhidin¹, B.S. Purwoko^{2*}, S.Yahya², R. Poerwanto², S. Susanto² dan A.S. Abidin²

Diterima 30 Juni 2005/Disetujui 13 Juni 2006

ABSTRACT

The aim of this research was to study the relationship between fruit drop and contents of auxin, polyamines, ACC, total sugar, and starch. Cultivars of mango used were Gadung 21 and Lalijiwo. The persisting fruit and abscising fruits were used to quantify auxin, polyamine, ACC, total sugar, and starch. The content of polyamine and ACC was determined on pericarp, auxin on seed, whereas the content of starch and total sugar was determined on mesocarp.

The result of research showed that fruit drop was preceded by low content of auxin that increased the sensitivity of abscission zone to ethylene. The increased sensitivity of abscission zone to ethylene was supported by low content of polyamine and high content of ACC. The abscising fruit has high content of starch, but low in total sugar content.

Key words : Mango, persisting fruit, abscising fruit, auxin, polyamine, ACC, total sugar, starch

PENDAHULUAN

Mangga (*Mangifera indica* L.) merupakan salah satu jenis buah tropika penting yang disukai konsumen. Peningkatan jumlah penduduk, pendapatan per kapita, dan kesadaran masyarakat pentingnya gizi menyebabkan konsumsi buah mangga semakin meningkat.

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi mangga adalah mengurangi kerontokan buah mangga. Kerontokan buah mangga pada kultivar Gadung 21 dapat mencapai 99% dari jumlah buah awal yang terbentuk (Sakhidin *et al.*, 2004), sedangkan pada kultivar Lalijiwo mencapai 94% (Sakhidin, 2005). Kerontokan buah dapat disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya adalah tingginya kandungan etilen dan rendahnya kandungan auksin (Aneja *et al.*, 1999), serta rendahnya pasokan asimilat yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan buah (Archbold, 1999).

Handajani (1987) mengemukakan bahwa kerontokan buah apel yang terjadi sebelum panen berkaitan dengan mekanisme pengendalian secara hormonal. Kerontokan buah juga ditentukan oleh tingkat kemudahan buah dalam memperoleh asimilat. Menurut Purnomo (1987), persentase buah muda di bagian pangkal malai lebih banyak daripada di bagian tengah atau pucuk karena buah pada bagian pangkal

malai lebih dekat dengan daun. Rendahnya kandungan auksin dan pasokan asimilat juga merupakan penyebab kerontokan buah manggis (Rai, 2004).

Davenport dan Nunez-Elisea (1997) menyatakan bahwa etilen merupakan hormon yang paling mendukung terjadinya proses kerontokan buah, sedangkan auksin paling berperan dalam mencegah proses kerontokan buah. Menurut Sexton (1995), konsentrasi etilen 1-8 ppm pada umumnya menyebabkan kerontokan buah. Sumber utama etilen pada buah mangga terdapat pada pericarp (85 % dari total etilen) (Nunez-Elisea dan Davenport, 1986) sedangkan sumber utama auksin adalah biji (Bangerth, 2000).

Menurut Libbenga dan Mennes (1995), ada dua macam cara kerja hormon. Yang pertama adalah melalui pembentukan protein reseptor intraseluler yang terlibat langsung pada ekspresi gen pada tingkat translasi atau transkripsi. Yang kedua adalah melalui protein reseptor yang terikat membran plasma yang berfungsi sebagai sistem sensor tingkat hormonal eksternal dan sinyal transduksi intraseluler.

Poliamin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh penting yang mendukung pembelahan sel. Jenis poliamin yang banyak dijumpai adalah putresin, spermidin, dan spermin (Davies, 1995). Peranan yang lain menurut Galston dan Kaur-Sawhney (1995) adalah menghambat proses kerontokan buah dengan cara

¹ Staf Pengajar Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Kampus UNSOED. Jl. Dr. Soeparno Kotak Pos 125 Telp (0281) 638791, Purwokerto

² Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 E mail : bspurwoko@ipb.ac.id (* Penulis untuk korespondensi)

menghambat konversi methionin dan ACC menjadi etilen serta menghambat aktivitas ACC sintase dan ACC oksidase.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kaitan antara perubahan kandungan poliamin, auksin, ACC, gula total, dan pati terhadap kerontokan buah mangga.

BAHAN DAN METODE

Sampel buah mangga diambil dari kebun mangga milik PT Fajar Mekar Indah (PT Frigga), Desa Jarangan, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Analisis kandungan auksin dan ACC dilakukan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian, Cimanggu, Bogor; sedangkan analisis kandungan poliamin, gula total dan pati dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pemuliaan Tanaman, IPB. Waktu pelaksanaan dari bulan Juni 2001 sampai dengan Maret 2002.

Sebagai bahan penelitian digunakan pohon mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo berumur 14 tahun dan bahan-bahan kimia untuk menganalisis kandungan poliamin, auksin, ACC, gula total, dan pati. Alat-alat penting yang digunakan antara lain timbangan, HPLC, GC, *freeze drier*.

Mula-mula ditentukan enam pohon mangga yang seragam (tinggi tajuk lebih kurang dari 5 m, diameter kanopi 6 m, diameter lingkaran batang 20 cm, dan waktu berbunga sama). Setiap pohon diambil tiga buah mangga retensi (buah sehat dan kuat menempel pada tangkai buah) dan tiga buah mangga akan rontok pada umur 3, 6, 9, dan 12 hari setelah anthesis. Buah akan rontok dicirikan dengan warna kulit pangkal buah yang kekuningan, kulit buah berkeriput dan tidak segar, serta buah mudah lepas dari tangkainya. Analisis untuk mengetahui kandungan poliamin pada kulit buah mangga dilakukan menurut metode Flores dan Galston (1982). Kulit buah mangga juga dianalisis mengenai kandungan ACC menurut metode Lizada dan Yang (1979). Analisis auksin dilakukan terhadap biji mangga menurut metode Sanberg *et al.* (1987). Analisis kandungan gula total dan pati dilakukan pada daging buah mangga menurut metode Apriyantono *et al.* (1994).

Buah mangga yang telah diambil segera dimasukkan ke dalam kotak pendingin yang berisi es kering, kemudian dikeringkan dengan pengering beku (*freeze dryer*). Selanjutnya buah mangga disimpan

dalam lemari pembeku pada suhu -18°C . Untuk keperluan analisis maka sampel terlebih dulu ditumbuk halus. Langkah berikutnya adalah mengikuti prosedur masing-masing metode analisis.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga ulangan. Faktor yang dicoba terdiri atas dua kultivar mangga : Gadung 21, dan Lalijiwo; dan dua jenis buah : buah retensi, dan buah akan rontok. Peubah yang diamati adalah kandungan auksin, poliamin, ACC, gula total, dan pati.

Analisis poliamin dan auksin (IAA) secara kuantitatif dilakukan dengan melalui tahapan ekstraksi, pemurnian, dan pengukuran dengan HPLC. Analisis poliamin menggunakan fase gerak methanol dan air (60:40), sedangkan analisis IAA menggunakan fase gerak methanol dan asam asetat (40:60). Pengukuran poliamin dan IAA dilakukan pada panjang gelombang 254 nm (Flores dan Galston, 1982; Sanberg *et al.*, 1987). Fase diam (kolom) untuk analisis poliamin dan IAA adalah C-18, kecepatan alir fase gerak 1 ml/menit, tekanan pada saat injeksi 900 psi dan dideteksi dengan detektor UV-VIS Shimadzu model 440. Hasil yang diperoleh berupa kromatogram yang akan digunakan untuk menentukan konsentrasi poliamin dan auksin pada sampel. Cara kuantifikasinya = luas area contoh dibagi luas area standar dikalikan konsentrasi standar.

Analisis ACC secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan GC. Sebelumnya dilakukan pengkondisian GC meliputi suhu kolom awal 70°C , suhu kolom akhir 85°C , suhu injektor 100°C , dan suhu detektor 150°C . Volume injeksi 5 μl dan kolom yang digunakan adalah Porapak Q.

Ekstraksi dan penentuan kandungan gula total dan pati dilakukan secara serentak. Gula total diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm, sedangkan pati diukur pada panjang gelombang 607 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Poliamin

Buah mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo yang akan rontok mempunyai kandungan poliamin total yang lebih rendah dibandingkan dengan buah retensi, masing-masing pada saat 3 dan 6 hari setelah anthesis (HSA) untuk kultivar Gadung 21 dan pada saat 3 HSA untuk kultivar Lalijiwo (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan poliamin total dan putresin pada buah mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo

Kultivar	Poliamin total			Putresin		
	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
Gadung 21	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
	µmol/ g bobot sampel segar			10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar		
Buah retensi	10.9 a	4.8 a	3.8 a	9.19 a	2.44 a	2.65 a
Buah akan rontok	5.2 b	2.9 b	2.6 a	3.06 b	1.08 b	0.99 b
Lalijiwo	3 HSA	9 HSA	12 HSA	3 HSA	9 HSA	12 HSA
	µmol/ g bobot sampel segar			10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar		
Buah retensi	8.5 a	5.5 a	4.0 a	4.34 a	2.54 a	0.92 a
Buah akan rontok	4.2 b	4.3 a	2.3 a	3.05 a	1.61 a	0.65 a

Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tiap kultivar tidak berbeda nyata pada uji t pada taraf 5%

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa poliamin berperan dalam mencegah kerontokan buah mangga. Namun di antara ketiga jenis poliamin yang diamati, spermidin mempunyai kontribusi yang paling besar.

Hal ini terlihat bahwa pada kedua kultivar tersebut kandungan spermidin pada buah akan rontok hampir semuanya nyata lebih rendah dibandingkan dengan buah retensi.

Tabel 2. Kandungan spermidin dan spermin pada buah mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo

Kultivar	Spermidin			Spermin		
	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
Gadung 21	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
	10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar			10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar		
Buah retensi	6.94 a	5.05 a	1.49 a	8.73 a	3.93 a	1.11 a
Buah akan rontok	4.64 b	1.69 b	1.21 a	4.94 b	3.45 a	1.05 a
Lalijiwo	3 HSA	9 HSA	12 HSA	3 HSA	9 HSA	12 HSA
	10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar			10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar		
Buah retensi	8.79 a	5.73 a	1.60 a	8.28 a	4.48 a	2.44 a
Buah akan rontok	2.77 b	1.09 b	0.54 b	4.07 b	2.10 a	2.08 a

Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tiap kultivar tidak berbeda nyata pada uji t pada taraf 5%
HSA = hari setelah anthesis

Pada umumnya kandungan poliamin tinggi pada awal perkembangan buah. Pada awal perkembangan buah terjadi pembelahan sel secara cepat (Shiozaki *et al.*, 2000). Hasil penelitian Costa dan Bagni (1983) menunjukkan bahwa pemberian poliamin meningkatkan jumlah buah apel yang terbentuk. Hal ini terkait dengan peranan poliamin dalam meningkatkan tingkat pertumbuhan buah pada fase I (pembelahan sel). Kakkar dan Rai (1993) menyatakan bahwa kandungan putresin dan spermidin yang tinggi ditemukan pada saat *fruitset* pada buah avokad, namun menurun pada saat pemasakan buah.

Poliamin berperan dalam menghambat terjadinya proses senesen dan kerontokan buah. Menurut Galston dan Kaur-Sawhney (1995), poliamin merupakan inhibitor efektif terhadap biosintesis etilen. Etilen dan poliamin memerlukan *s-adenosylmethionine* (SAM)

untuk biosintesisnya. SAM diperlukan untuk sintesis spermidin dari putresin dan untuk sintesis spermin dari spermidin.

Pada umur 12 HSA, kandungan poliamin pada buah retensi menurun dibandingkan dengan umur sebelumnya (Tabel 1). Hal ini berkaitan dengan kemungkinan masih adanya kerontokan buah sampai buah berumur 12 HSA. Hasil penelitian Sakhidin *et al.* (2004) menunjukkan bahwa kerontokan buah mangga dapat terjadi sampai buah berumur 31 HSA.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada umur 3 HSA buah mangga kultivar Gadung 21 yang akan rontok mempunyai kandungan poliamin yang relatif sama dengan kandungan poliamin pada buah retensi umur 6 dan 12 HSA. Ini menunjukkan bahwa kandungan poliamin bukan satu-satunya faktor yang menentukan

kerontokan buah mangga, namun ada faktor lain yang pada penelitian ini belum diketahui secara pasti.

Penurunan kandungan poliamin juga terjadi pada buah lain seperti anggur. Kandungan putresin pada saat anthesis, 10 hari setelah anthesis, dan 20 hari setelah anthesis berturut-turut adalah 9.2, 6.8 dan 5.6 µg/g sampel segar. Kandungan spermidin pada urutan umur buah yang sama adalah 7.1, 2.8 dan 1.5 µg/g sampel segar; sedangkan untuk spermin adalah 1.3, 1.0 dan 0.6 µg/g sampel segar (Shiozaki *et al.*, 2000).

Kandungan Auksin

Tabel 3 menunjukkan bahwa buah akan rontok mempunyai kandungan auksin yang nyata lebih rendah dibandingkan buah retensi pada semua waktu pengamatan baik pada kultivar Gadung 21 maupun

Lalijiwo. Kandungan auksin yang lebih tinggi pada buah retensi meningkatkan aktivitas pembelahan sel. Aktivitas pembelahan sel yang tinggi menyebabkan buah retensi mempunyai *sink strength* yang lebih kuat dibandingkan buah akan rontok (Taiz dan Zeiger, 1991). Menurut Brenner dan Cheikh (1995), ada dua cara mekanisme peningkatan *sink strength* secara hormonal. Yang pertama melalui peningkatan *sink size*, yaitu dengan cara meningkatkan jumlah sel atau meningkatkan bobot bahan kering dari suatu organ yang sedang berkembang. Cara yang ke dua adalah peningkatan *sink activity*, yaitu dengan meningkatkan jumlah bersih asimilat yang ditranslokasikan dari *source* ke *sink*.

Tabel 3. Kandungan auksin dan ACC pada buah mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo

Kultivar	Auksin			ACC		
Gadung 21	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
	10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar			ng/g bobot sampel segar		
	Buah retensi	11.88 a	10.25 a	7.83 a	10.63 b	21.19 b
Buah akan rontok	7.18 b	6.38 b	4.03 b	26.81 a	35.78 a	43.41 a
Lalijiwo	3 HSA	9 HSA	12 HSA	3 HSA	9 HSA	12 HSA
	10 ⁻¹ mg/g bobot sampel segar			ng/g bobot sampel segar		
	Buah retensi	11.93 a	9.14 a	7.69 a	10.13 b	13.66 b
Buah akan rontok	6.53 b	4.51 b	4.20 b	29.13 a	29.35 a	35.79 a

Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tiap kultivar tidak berbeda nyata pada uji t pada taraf 5%

Hasil penelitian Bains *et al.* (1997a) menunjukkan bahwa buah mangga yang akan rontok mempunyai kandungan IAA yang lebih rendah dibandingkan dengan buah retensi. Kandungan IAA pada buah akan rontok pada saat buah mangga sebesar kacang dan kelereng masing-masing adalah 2.1 dan 2.3 µg/ g sampel segar, sedangkan pada buah retensi kandungan IAA adalah 2.8 dan 3.1 µg/ g sampel segar. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim peroksidase dan IAA-oksidadase pada buah akan rontok. Peningkatan aktivitas enzim tersebut mengurangi konsentrasi IAA di dalam buah yang sedang berkembang (Bains *et al.*, 1997b).

Kandungan ACC

Buah mangga yang akan rontok mempunyai kandungan ACC yang lebih tinggi dibandingkan buah retensi. Produksi etilen atau ACC yang tinggi merupakan awal terjadinya proses kerontokan buah. Hasil penelitian Davenport dan Nunez-Elisea (1997),

menunjukkan bahwa konsentrasi etilen 1.5 nl/g jam menyebabkan kerontokan buah mangga kultivar Tommy Atkins, sedangkan pada kultivar Keitt diperlukan konsentrasi etilen 3.5 nl/g jam untuk terjadi kerontokan buah. Reid (1995) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi etilen, maka semakin cepat terjadinya proses kerontokan buah.

McKeon *et al.* (1995) menyatakan bahwa tingkat produksi etilen berkorelasi secara linear dengan kandungan ACC. Lebih lanjut Lizada dan Yang (1979) mengemukakan bahwa pada konsentrasi ACC 10 pmol – 1 µmol, produksi etilen berkorelasi secara linear dengan kandungan ACC dengan ketepatan 80 %. Pada penelitian ini kandungan ACC berkisar antara 99 – 426 pmol.

Menurut Sexton (1995), kandungan etilen yang tinggi dan auksin yang rendah meningkatkan kepekaan zona absisi terhadap etilen. Peningkatan kepekaan tersebut menyebabkan sekresi enzim hidrolitik meningkat, sehingga terjadi pemisahan sel dan akhirnya terjadi kerontokan buah (Bangerth, 2000).

Kandungan Gula Total dan Pati

Tabel 4 menunjukkan bahwa buah mangga akan rontok kultivar Gadung 21 mempunyai kandungan gula total yang nyata lebih rendah dibandingkan buah retensi kecuali saat 3 HSA. Pada kultivar Lalijiwo, buah akan rontok mempunyai kandungan gula total yang nyata

lebih rendah dibandingkan buah retensi pada semua pengamatan. Berbeda dengan kandungan gula total, buah akan rontok mempunyai kandungan pati yang nyata lebih tinggi dibandingkan buah retensi baik untuk kultivar Gadung 21 maupun Lalijiwo.

Tabel 4. Kandungan gula total dan pati pada buah mangga kultivar Gadung 21 dan Lalijiwo

Kultivar	Gula total			Pati		
	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
Gadung 21	3 HSA	6 HSA	12 HSA	3 HSA	6 HSA	12 HSA
	mg/g bobot sampel segar					
Buah retensi	2.55 a	3.72 a	4.83 a	1.35 b	3.57 b	5.67 b
Buah akan rontok	1.86 a	2.04 b	3.26 b	3.76 a	5.72 a	7.37 a
Lalijiwo	3 HSA	9 HSA	12 HSA	3 HSA	9 HSA	12 HSA
	mg/g bobot sampel segar					
Buah retensi	2.93 a	5.69 a	6.07 a	2.30 b	6.24 b	6.88 b
Buah akan rontok	1.20 b	2.28 b	2.68 b	4.54 a	9.36 a	9.93 a

Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tiap kultivar tidak berbeda nyata pada uji t pada taraf 5%

Stopar *et al.* (2001) menyatakan bahwa buah apel yang akan rontok mempunyai kandungan pati 0.33 mg/g sampel kering dan glukosa 33.2 mg/g sampel kering, sedangkan pada buah retensi kandungan pati dan glukosa adalah 0.15 dan 36.4 mg/g sampel kering. Kandungan pati yang lebih tinggi tersebut berkaitan dengan penggunaannya yang rendah pada buah rontok. Menurut Yuan dan Greene (2000), buah yang akan rontok mempunyai aktivitas metabolisme yang rendah, sehingga kandungan gulanya juga rendah.

KESIMPULAN

Buah akan rontok ditandai oleh rendahnya produksi auksin dan tingginya kandungan ACC pada buah. Kerontokan buah mangga juga ditandai oleh rendahnya kandungan poliamin total, putresin, spermidin, dan spermin. Buah mangga yang akan rontok mempunyai kandungan gula total yang lebih rendah, namun lebih tinggi kandungan patinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Kajian Buah-buahan Tropika Institut Pertanian Bogor atas sebagian pendanaan penelitian ini dan PT Fajar Mekar Indah, Pasuruan atas ijin pelaksanaan penelitian di Kebun Jarangan, Pasuruan.

DAFTAR PUSTAKA

Aneja, M., T. Gianfagna, E. Ng. 1999. The role of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flower. *Plant Growth Regulation*. 27:149-155.

Apriyantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedarnawati, S. Budiyanto. 1994. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Bogor : Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian.

Archbold, D.D. 1999. Carbohydrate availability modifies sorbitol dehydrogenase activity of apple fruit. *Physiol.Plant*. 105:391-395.

Bains, K.S., G.S. Bajwa, Z. Singh. 1997a. Abscission of mango fruitles I. In relation to endogenous concentration of IAA, GA₃ and abscisic acid in pedicels and fruitlets. *Fruits (Paris)* 52 (3): 159-165.

Bains, K.S., G.S. Bajwa, Z. Singh. 1997b. Abscission of mango fruitles II. In relation to the activity of indole -3- acetic acid oxidase and peroxidase in fruitlets. *Fruits (Paris)* 52 (5): 307-312.

Bangerth, F. 2000. Abscission and thinning of young fruit and their regulation by plant hormones and bioregulators. *Plant Growth Regulation*. 31 : 43-59.

- Brenner, M.L., N. Cheikh. 1995. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling.p.649-670. *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers. 833 p.
- Costa, G., N. Bagni. 1983. Effect of polyamines on fruitset of apple. *Hort Sci.* 18(1):59-61.
- Davenport, T.L., R. Nunez-Elisea. 1997. Reproductive physiology.p.147-173. *In* Litz RE (ed.). Mango, Botany, Production and Uses. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.587 p.
- Davies, P.J. 1995. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions.pp.1-12. *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers.833 p.
- Flores, H.E., A.W. Galston. 1982. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.* 69:701-706.
- Galston, A.W., R. Kaur-Sawhney. 1995. Polyamines as endogenous growth regulators. pp.158-178. *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers.833 p.
- Handajani, S. 1987. Pengaruh ‘Succinic Acid 2,2-Dimethylhydrazide’ (SADH) terhadap perkembangan buah dan gugur buah apel. *Penel.Hort.* (2)(3)13-18.
- Kakkar, R.K., V.K. Rai. 1993. Plant polyamines in flowering and fruit ripening. *Phytochemistry.* 33(6):1281-1288.
- Libbenga, K.R., A.M. Mennes. 1995. Hormone binding and signal transduction.pp. 272-297. *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers.833 p.
- Lizada, M.C.C., S.F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-amino cyclopropane-1-carboxylic acid. *Anal. Biochem.* 100:140-145.
- Mc Keon, T.A., J.C. Fernandez-Maculet, S.F. Yang. 1995. Biosynthesis and metabolism of ethylene.pp.118-139 *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers. 833 p.
- Nunez-Elisea, R., T.L. Davenport. 1986. Abscission of mango fruitlets as influenced by enhanced ethylene biosynthesis. *Plant Physiol.* 82:991-994.
- Purnomo, S. 1987. Distribusi bunga, calon buah, dan buah pada malai bunga mangga Golek, Gadung, dan Manalagi. *Penel.Hort.*(2)(3):49-53.
- Rai, I.N. 2004. Studi fisiologi pertumbuhan dan pembungaan tanaman manggis asal biji dan sambungan. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Reid, M.S. 1995. Ethylene in plant growth, development and senescence. pp.486-508. *In* Davies PJ (ed.). Plant Hormone, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology. 2nd Edition. Kluwer Academic Publishers. 833 p.
- Sakhidin, 2005. Kajian hormonal dalam mengurangi kerontokan buah mangga (*Mangifera indica* L.). Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sakhidin, B.S. Purwoko, R. Poerwanto, S. Susanto, S. Yahya, A.S. Abidin. 2004. Pola kerontokan buah tiga kultivar mangga. *Bul. Agron.*(32)(2)1-6.
- Sanberg, G., A. Crozier, A. Ernstsens, B. Sundberg. 1987. High performance liquid chromatography and the analysis of indole-3-acetic acid and some of its decarboxylated catabolites in scots pine (*Pinus sylvestris* L.).73-89. *In* Linskens HF, Jackson JF (eds.) High Performance Liquid Chromatography in Plant Sciences. 241 p. London : Springer-Verlag.
- Sexton, R. 1995. Abscission.pp.497-525 *In* Pessaraky M (ed). Handbook of Plant and Crop Physiology. Marcel Dekker Inc. 1004 p.
- Shiozaki, S., T. Ogata, S. Horiuchi. 2000. Endogenous polyamines in the pericarp and seed of the grape berry during development and ripening. *Sci.Hort.* 83:33-4.
- Stopar, M., M. Resmik, and V.Z. Pongrac. 2001. Non structural carbohydrate status and CO₂ exchange rate of apple fruitlets at the time of abscission influenced by shade, NAA or BA. *Scientia Horticulturae* 87: 65-76.
- Taiz, L., E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. 559 p.
- Yuan, R., D.W. Greene. 2000. Benzyladenine as a chemical thinner for "Mc Intosh" apples. I. Fruit thinning effect and associated relationship with photosynthesis, assimilate translocation, and non structural carbohydrates. *J. Amer. Soc Hort. Sci.* 125(2):169-176.