

**STUDI STRUKTUR SEKRETORI GETAH KUNING
DAN PENGARUH KALSIUM TERHADAP CEMARAN
GETAH KUNING PADA BUAH MANGGIS
(*Garcinia mangostana* L.)**

**DORLY
SOEKISMAN TJITROSEMITO
ROEDHY POERWANTO
DARDA EFENDI**



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
13 JULI 2022**

STUDI MORFOLOGI DAN ANATOMI PERKEMBANGAN BUAH MANGGIS

DORLY¹, SOEKISMAN TJITROSEMITO¹, ROEDHY POERWANTO², dan DARDA EFENDI²

1. Departemen Biologi, FMIPA IPB
2. Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian IPB

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pola pertumbuhan dan perkembangan buah manggis melalui pengamatan morfologi dan anatomi perkembangan buah. Sampel buah manggis diambil di Kebun Sentra manggis di Leuwiliang, Bogor sedangkan pengamatan morfologi dan anatomi dilakukan di Lab. Anatomi dan Morfologi Tumbuhan Departemen Biologi-IPB.

Studi morfologi dilakukan dengan mengamati 5 buah manggis per pohon yang diambil secara acak dari 3 ulangan pohon untuk masing-masing umur mulai dari 1 hingga 16 minggu setelah antesis (MSA). Pengamatan anatomi dilakukan terhadap 3 ulangan buah yang diiris secara melintang dengan metode parafin.

Pola pertumbuhan buah manggis berdasarkan diameter transversal dan longitudinal adalah berupa kurva hiperbola. Kurva pertumbuhan manggis yang pesat berdasarkan diameter buah saat umur 1 hingga 6 MSA, seiring dengan perkembangan anatomi buah pada semua peubah. Warna kulit buah, kelopak dan tangkai buah bervariasi seiring dengan perkembangan buah. Spot getah kuning di kulit luar buah sudah dijumpai pada saat buah muda, sedangkan spot getah kuning di aril baru dapat dideteksi pada saat buah berumur 14 -16 MSA. Jumlah lapisan eksokarp selama perkembangan buah muda hingga dewasa bertambah seiring dengan perkembangan buah. Densitas dan ukuran stomata pada buah pada berbagai stadia umur buah berbeda nyata.

Kata kunci: minggu setelah antesis (MSA), kurva hiperbolada, getah kuning, densitas stomata

STUDY ON MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL FRUIT GROWTH OF MANGOSTEEN

Abstract

The objectives of this research were to study growth and development pattern of mangosteen fruit based on the morphology and anatomy of mangosteen fruit development. Fruit samples were taken from the mangosteen plantation in Leuwiliang, Bogor while morphological and anatomical observations were carried out in Plant Anatomy and Morphologi Laboratory, Department of Biology, Bogor Agriculture University.

Morphological study was conducted by observing five fruits/tree collected randomly from three replications at various stages started from one until sixteen weeks after anthesis (WAA). Anatomical observation was carried out on three transversally sectioned fruits using paraffin method.

Mangosteen fruit growth curve based on transversal and longitudinal diameters was hyperbolic curve. The fruits grew rapidly in the first six weeks along with the fruit anatomical development on all parameters. Fruit skin, sepal and fruit stalk color was varied along with the fruit development. Yellow latex spots on the outer part of the fruit were found in the younger fruit, while yellow latex spot in the aril could be found in older fruit from 14 until 16 WAA. The number of exocarp layers increased during the young fruit development until mature in parallel with the fruit development.

Stomatal density and sizes on various age stages of fruit were significantly different.

Keywords: week after anthesis (WAA), hiperbolic curve, yellow latex, stomatal density

Pendahuluan

Latar Belakang

Penelitian perkembangan morfologi buah manggis sudah pernah dilakukan oleh Kartika (2004). Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa diameter buah manggis di Leuwiliang memiliki pola pertumbuhan sigmoid ganda, sedangkan buah manggis yang berada di Taman Buah Mekar Sari menunjukkan pola pertumbuhan sigmoid tunggal. Pertumbuhan buah di Leuwiliang cukup bervariasi, pertumbuhan buah cukup pesat sejak minggu ke dua sampai minggu ketiga setelah antesis, kemudian pertumbuhannya melambat sampai melewati umur 50 HSA, setelah itu pertumbuhan menjadi pesat kembali sampai tiba masa panen. Pertumbuhan buah di Mekar Sari menunjukkan pertumbuhan yang cepat pada umur 0-70 HSA, dan selama masa ini buah mengalami perbesaran dan peningkatan jumlah selnya. Kemudian pertumbuhannya menjadi lambat kembali sekitar tiga minggu menjelang panen, karena buah sedang dalam proses pematangan, sedangkan pertumbuhan dan perbesaran sel sudah tidak terjadi lagi pada masa tersebut.

Pola pertumbuhan buah, diferensiasi jaringan dan perubahan fisiologi antara satu spesies dengan spesies yang lain sangat bervariasi. Studi perkembangan buah cherry (*Prunus ceracus* L.) yang dilakukan oleh Tukey dan Young (1939) menunjukkan pola pertumbuhan berupa kurva sigmoid ganda. Dari hasil studi tersebut dilaporkan bahwa dijumpai tiga karakteristik periode perkembangan buah yaitu, tahap I diawali saat bunga mulai mekar selama 20 hingga 22 hari; tahap II periode pertengahan yang perkembangannya lambat selama 12 hingga 16 hari; dan tahap III periode perkembangan cepat hingga pematangan buah yang memerlukan 21 hingga 23 hari. Perubahan ukuran pada buah selama tiga tahapan perkembangan terlihat pada studi ini oleh akibat pembelahan sel dan perbesaran sel dalam proporsi yang bervariasi pada jaringan berbeda pada waktu yang berbeda. Pola pertumbuhan pada buah persik menurut Blake dalam Tukey dan Young (1939), terdiri atas tiga periode pertumbuhan dengan kurva sigmoid ganda. Periode pertama adalah pada saat pertumbuhan buah cepat setelah antesis ditandai dengan meningkatnya volume endokarp paling

pesat. Periode kedua dijumpai perkembangan buah yang lambat. Pada periode ketiga, pertumbuhan kembali pesat sampai masa panen.

Kuncup bunga manggis muncul di ujung ranting. Kuncup bunga memerlukan waktu kurang lebih 40 hari sampai bunga mekar (antesis) dan buah akan matang sekitar 100-120 hari setelah antesis (Rai *et al.*, 2006; Verheij, 1992).

Penelitian tentang getah kuning pada buah manggis telah dilakukan dan dilaporkan oleh penulis pada Bab IV. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa getah kuning pada aril dijumpai karena pecahnya saluran getah kuning yang dijumpai pada bagian dalam kulit buah (endokarp). Getah kuning mulai mengotori aril sejak buah berumur sekitar 14 minggu setelah bunga mekar (antesis). Hal ini diduga berkaitan dengan fase pembesaran ukuran sel-sel penyusun jaringan di dalam perkembangan buah. Diduga pada saat pembesaran sel-sel penyusun jaringan buah terjadi desakan semasa perkembangan buah sehingga menyebabkan pecahnya saluran getah kuning pada bagian endokarp buah. Oleh karena itu untuk membuktikan dugaan tersebut perlu dilakukan studi morfologi dan anatomi perkembangan buah terkait dengan munculnya getah kuning di aril buah.

Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pola pertumbuhan dan perkembangan buah manggis yang dikaitkan dengan munculnya getah kuning di aril buah.
2. Mempelajari morfologi dan anatomi perkembangan buah manggis sehingga dapat diketahui perubahan jumlah lapisan dan ukuran sel penyusun jaringan perikarp dan aril buah.

Manfaat Penelitian

1. Diketahui pola pertumbuhan dan perkembangan buah manggis sehingga dapat menjelaskan insiden getah kuning di aril buah.
2. Diketahui morfologi dan histologi perkembangan buah manggis sehingga dapat menjelaskan perubahan susunan dan ukuran sel penyusun jaringan buah.

Hipotesis

1. Diduga pola pertumbuhan buah manggis adalah kurva sigmoid seperti pada pola pertumbuhan buah lainnya.
2. Ditemukan perbedaan morfologi dan anatomi antara buah muda dan buah tua sehingga dapat menjelaskan perubahan jumlah lapisan dan ukuran sel.
3. Pada saat perkembangan buah diduga terjadi desakan akibat perkembangan pembesaran aril dan biji dari arah dalam menuju ke luar jaringan buah sehingga menyebabkan pecahnya saluran getah kuning pada endokarp buah.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian berlangsung dari bulan Agustus 2006 hingga Maret 2007. Pengambilan sampel buah di lapang dilakukan di sentra produksi manggis di kampung Cengal, Desa Karacak, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor. Pengamatan morfologi buah dilakukan di Lab. Anatomi dan Morfologi Tumbuhan, Departemen Biologi - IPB.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian anatomi buah adalah pohon manggis yang sudah berproduksi. Buah diambil dari pohon yang telah berumur 30 tahun. Bahan penunjang yang digunakan adalah bahan kimia untuk pembuatan sediaan mikroskopis antara lain parafin, tertier butil alkohol, safranin dan fast green. Peralatan yang digunakan adalah jangka sorong, penggaris, *cutter*, oven, mikrotom dan mikroskop.

Metode Penelitian

1. Pengamatan Morfologi Buah manggis

Pengambilan Sampel. Studi pertumbuhan buah dan anatomi buah dilakukan pada buah muda hingga buah dewasa. Sebanyak 5 buah/pohon diambil secara acak dengan ulangan 3 pohon untuk pengamatan rutin setiap minggu sehingga total terdiri dari 15 buah yang dipanen, dimulai 1 minggu setelah antesis sampai 16 minggu setelah antesis (MSA). Selama pertumbuhan buah terdapat

enam belas kali pengambilan sampel yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, dan 16 MSA.

Untuk memperoleh buah dengan kriteria umur tersebut, dilakukan pelabelan pada bunga yang telah mekar yang digunakan sebagai ciri dari saat antesis terjadi. Buah manggis yang telah dilabel kemudian dipanen sesuai dengan umur pengambilan sampel sehingga pengamatan perkembangan buah tidak dilakukan pada buah yang sama.

2. Studi Anatomi Sediaan Mikroskopis Buah

Sampel buah sebanyak 3 buah yang diambil secara acak juga diamati struktur anatomi buah. Pengamatan anatomi dilakukan terhadap sediaan mikroskopis yang dibuat dengan metode parafin (Johansen, 1940).

Sediaan irisan transversal buah manggis 7 hingga 112 HSA dibuat dengan metode parafin. Buah difiksasi di dalam larutan FAA (5 ml formalin, 5 ml asam asetat glasial, 90 ml alkohol 50%). Selanjutnya dilakukan dehidrasi dan *embedding* mengikuti metode Johansen (1940). Sampel yang telah difiksasi selama 48 jam di dalam larutan FAA dicuci dengan alkohol 50% sebanyak 4 kali masing-masing selama 1 jam. Proses dehidrasi dilakukan dengan merendam sampel di dalam larutan seri Johansen (Lampiran 1). Infiltrasi parafin ke dalam jaringan dilakukan secara bertahap dengan menambahkan parafin beku ke dalam wadah yang berisi sampel, tertier butil alkohol dan minyak parafin, kemudian dibiarkan terbuka pada suhu ruang selama 1 – 4 jam dan dilanjutkan di dalam oven suhu 60 °C. Setelah melalui infiltrasi jaringan ditanam di dalam blok parafin. Selanjutnya sampel yang ada di dalam blok dilunakkan dengan merendam di dalam larutan Gifford (80 bagian alkohol 60 %, 20 bagian asam asetat glasial dan 5 bagian gliserin) selama 1 bulan. Kemudian sampel diiris dengan ketebalan 10 µm dengan menggunakan mikrotom putar. Pita parafin yang diperoleh direkatkan pada gelas objek yang telah diolesi dengan perekat albumin- gliserin dan dikeringkan di atas *hotplate* dengan suhu 40 °C selama 3 – 5 jam. Selanjutnya dilakukan pewarnaan rangkap dua safranin 1% dan fastgreen 0.5%. Preparat yang telah diwarnai ditetesi entelan kemudian ditutup dengan gelas penutup dan diamati di bawah mikroskop.

3. Analisis Densitas dan Ukuran Stomata pada Buah

Pengukuran densitas (jumlah stomata/mm²) dan ukuran stomata dilakukan pada 2, 4, 6, 8, dan 10 MSA. Pengukuran dilakukan pada lima buah manggis/pohon masing-masing pada stadia umur di atas dengan menggunakan 3 ulangan pohon. Kulit luar buah manggis di sayat dengan silet, kemudian direndam sekitar 30 menit di dalam larutan bayclin (mengandung bahan aktif 5.25% NaHClO₃ untuk melarutkan klorofil. Setelah itu sampel dicuci dengan aquades lalu diwarnai dengan safranin 1 %. Sampel diletakkan di gelas obyek yang diberi medium gliserin 30% lalu ditutup dengan gelas penutup, kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya. Densitas dan ukuran stomata dihitung pada 5 ulangan bidang pandang.

4. Peubah Pengamatan

Pengamatan perkembangan morfologi dan anatomi buah dilakukan setelah buah dipanen. Peubah yang diamati adalah:

- Perkembangan diameter transversal dan longitudinal buah diukur dengan jangka sorong mulai dari umur 1 hingga 16 MSA
- Ketebalan perikarp buah diukur dengan penggaris mulai dari umur 1 hingga 16 MSA.
- Tebal aril dan biji pada sektor yang paling berkembang pada sayatan melintang buah diukur dengan penggaris mulai dari umur 1 hingga 16 MSA.
- Tebal biji yang paling berkembang pada sayatan melintang buah diukur dengan penggaris mulai dari umur 1 hingga 16 MSA.
- Warna kulit luar buah, kelopak dan tangkai buah manggis diamati mulai umur 1 hingga 16 MSA dengan menggunakan Munsell Color Chart yang kemudian di sesuaikan dengan Banana Color Charth.
- Jumlah lapisan dan ukuran sel-sel penyusun jaringan eksokarp, mesokarp, endokarp dan aril buah diamati mulai dari umur 1 hingga 16 MSA.

Pengukuran dilakukan secara acak terhadap 5 sel pada 5 ulangan bidang pandang dengan 3 ulangan buah.

- Pengukuran densitas (jumlah stomata/mm²) dan ukuran stomata pada buah umur 2, 4, 6, 8, dan 10 MSA dengan menggunakan mikroskop pada 5 ulangan bidang pandang.

Hasil dan Pembahasan

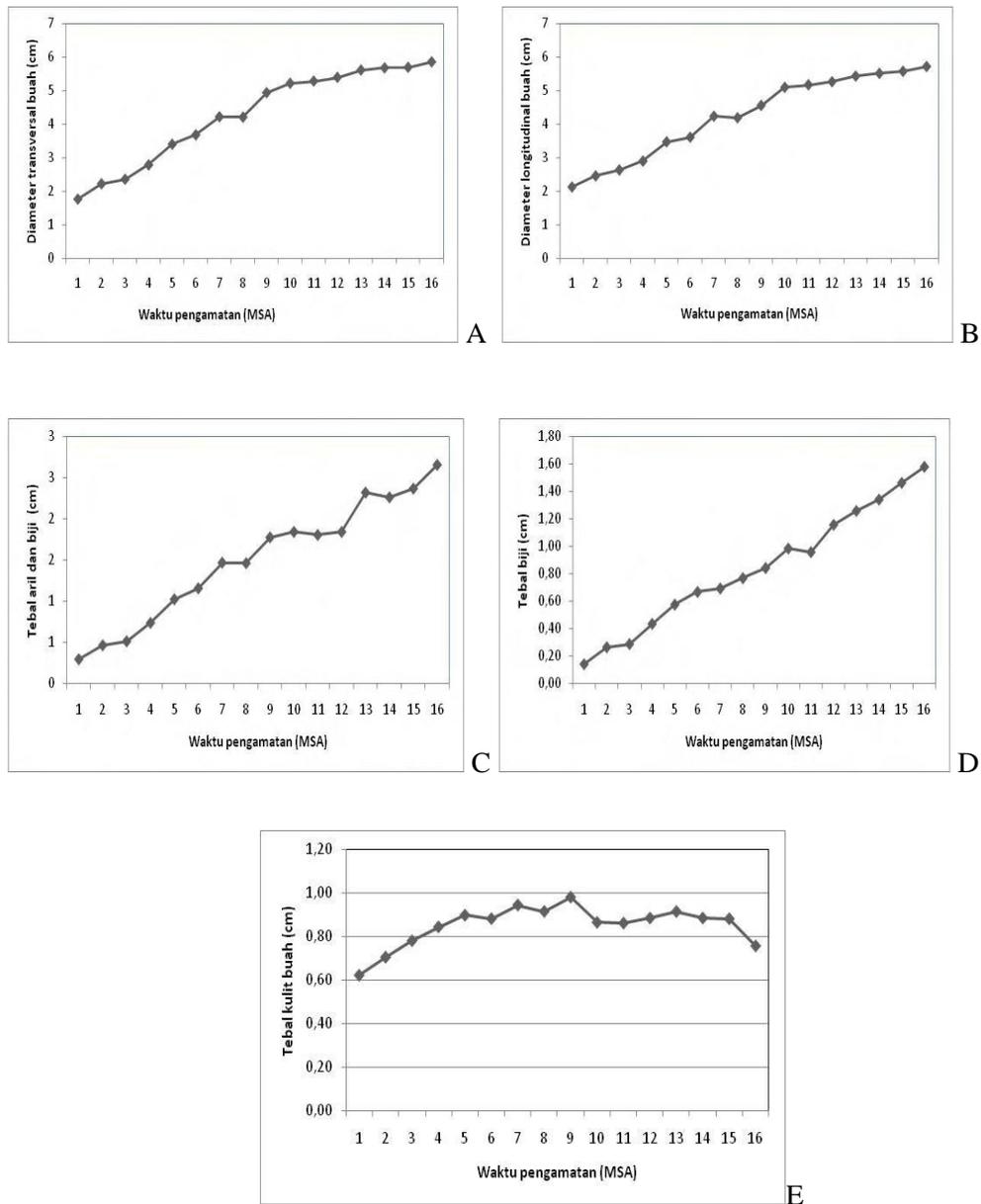
Kurva Pertumbuhan Buah Manggis.

Dari data yang diperoleh, dijumpai bahwa kurva hiperbola dapat dipakai untuk menggambarkan pertumbuhan buah berdasarkan diameter transversal dan longitudinal (Gambar 2A dan 2B). Hal ini berbeda dengan penelitian perkembangan morfologi buah manggis yang dilakukan oleh Kartika (2004). Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa diameter buah manggis di Leuwiliang memiliki pola pertumbuhan sigmoid ganda, sedangkan buah manggis yang berada di Taman Buah Mekar Sari menunjukkan pola pertumbuhan sigmoid tunggal. Demikian juga berbeda dengan yang dilaporkan oleh Ognjanov *et al.*, (1995); Tukey dan Young, (1939); Ryugo (1988) yaitu kurva pertumbuhan sigmoid ganda dijumpai pada buah peach, cherry dan fig (Esau, 1974).

Diameter transversal makin lama makin besar, kemudian kecepatan tumbuh makin lama makin turun, membentuk grafik hiperbola. Demikian juga halnya dengan diameter longitudinal (Gambar 2A dan 2B). Sedangkan pertumbuhan aril dan tebal biji meningkat terus dengan kecepatan yang sama (Gambar 2C dan 2D). Pada minggu ke- 10, kecepatan pertumbuhan buah baik diameter transversal dan longitudinal turun, sedangkan tebal biji dan aril naik. Pada waktu itu terjadi seolah-olah adanya tekanan dari dalam terhadap jaringan diantara kulit dan aril. Hal ini kemungkinan bisa menyebabkan pecahnya sel-sel epitel saluran getah kuning.

Diameter rata-rata transversal dan longitudinal pada buah umur panen (16 MSA) berturut-turut berkisar antara 5,5-6,4 cm dan 5,4-6,2 cm Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan Sidik (2004) yang melaporkan bahwa diameter transversal dan longitudinal manggis di Leuwiliang, Bogor berturut-turut 5,2 dan 5,7 cm pada saat buah umur panen. Pada awal pengamatan waktu antesis terjadi

sekitar bulan September 2006 dengan intensitas hujan yang masih rendah, yaitu 40 mm/bulan (Lampiran 2). Intensitas hujan mulai meningkat sejak bulan November (404 mm/bulan).



Gambar 2 Pola perkembangan buah manggis pada 1-16 MSA. A. pertumbuhan kumulatif diameter transversal buah; B. Pertumbuhan kumulatif diameter longitudinal buah; C. Pertumbuhan kumulatif tebal biji; D. Pertumbuhan kumulatif tebal aril dan biji; E. Pertumbuhan kumulatif tebal kulit.

Tebal aril dan biji yang paling berkembang pada sayatan transversal buah tampak meningkat tajam mulai dari 1 MSA hingga 7 MSA. Kemudian meningkat perlahan hingga umur 12 MSA dan meningkat kembali tajam pada umur 13 MSA, lalu meningkat perlahan hingga umur 15 MSA dan akhirnya meningkat tajam pada umur 16 MSA (Gambar 2C). Menipisnya ketebalan perikarp pada buah manggis umur 13 hingga 16 MSA seiring dengan meningkatnya ketebalan aril dan biji serta tebal biji. Kurva linier menggambarkan perkembangan aril dan biji pada buah manggis (Gambar 2C dan 2D).

Tebal biji pada sayatan transversal buah tampak meningkat tajam mulai dari 1 MSA hingga 10 MSA. Setelah minggu kesepuluh biji tumbuh terus, sedangkan aril tumbuh melambat. Tebal biji kemudian meningkat perlahan hingga umur 11 MSA dan meningkat kembali tajam hingga umur 16 MSA (Gambar 2D). Tipe kurva yang sama dengan perkembangan tebal aril dan biji, yaitu linier untuk menggambarkan pertumbuhan tebal biji.

Berdasarkan data ketebalan kulit, kurva kuadratik menggambarkan penambahan ketebalan kulit pada buah manggis. Rata-rata ketebalan kulit buah (perikarp) meningkat tajam mulai dari umur 1 MSA hingga 5 MSA. Pada minggu ke lima, ketebalan kulit buah mulai menurun, kemudian ketebalan kulit meningkat perlahan dan mencapai ukuran maksimum pada umur 9 MSA, lalu menurun perlahan hingga umur 15 MSA dan menurun tajam pada umur 16 MSA (Gambar 2E). Pada buah yang tua, kadar air lebih rendah dibandingkan dengan buah muda, sehingga sel-sel penyusun jaringan perikarp mengkerut dan akibatnya kulit buah menjadi tipis.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa koefisien regresi (*slope*) untuk diameter transversal dan longitudinal pada 10 minggu pertama kurang lebih sama sekitar 0.3 dan pada minggu 11-16 minggu setelah antesis menurun drastis menjadi sekitar 0.1. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan diameter buah tumbuh melambat pada 11-16 MSA. Untuk tebal aril dan biji serta tebal biji koefisien regresi cenderung tetap sekitar 0.1. Hal ini berarti bahwa tebal aril dan biji meningkat terus dari 1 hingga 16 MSA. Nilai koefisien regresi tebal biji pada 1-5 MSA sekitar 0.1, kemudian tumbuh melambat pada 6-10 MSA dan akhirnya tumbuh cepat pada 11-16 MSA. Koefisien regresi tebal kulit pada 1-5 MSA

sebesar 0.0693 kemudian pada 6-10 MSA menurun dan akhirnya pada 11-16 MSA menurun menjadi negatif. Hal ini menunjukkan pertumbuhan tebal kulit melambat dan akhirnya menurun pada 11-16 MSA.

Morfologi Buah

Buah manggis pada umur 1 hingga 7 MSA berwarna hijau muda (*light green*). Makin tua umur buah pada umur 8 hingga 12 MSA buah berwarna hijau sedang (*medium green*) (Gambar 3A), selanjutnya buah pada umur 13 MSA berwarna hijau muda dengan sedikit bercak garis merah muda di sekitar kelopak. Pada umur 14 MSA kulit buah manggis berwarna hijau muda dengan guratan garis berwarna merah jambu. Pada umur 15 MSA kulit buah berwarna merah jambu, sedangkan buah akan berwarna ungu ketika sudah tua pada 16 MSA (Gambar 3B).

Tabel 2 Laju pertumbuhan (cm/minggu) dari diameter buah, tebal aril dan biji, tebal biji dan tebal kulit, diturunkan dari persamaan linier dengan waktu

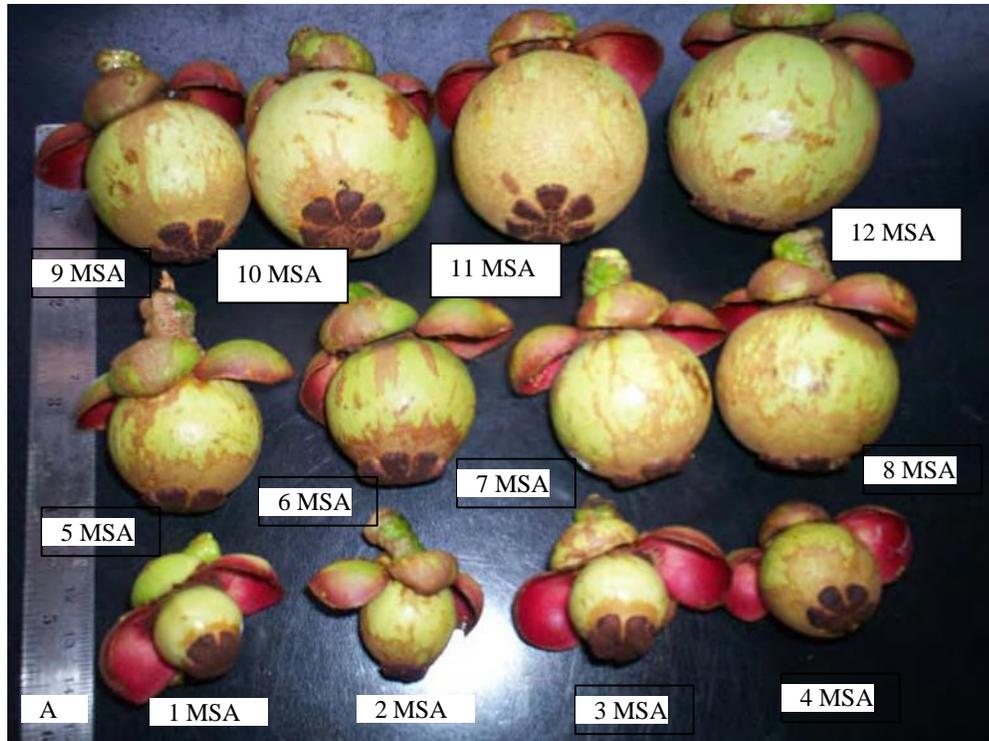
Umur (MSA)	Diameter transversal	Diameter longitudinal	Tebal aril dan biji	Tebal biji	Tebal kulit
1-5	0.3831	0.3136	0.1728	0.1039	0.0693
6-10	0.3789	0.3303	0.1677	0.0783	0.0002
11-16	0.1090	0.1068	0.1650	0.1175	-0.0161

Warna kelopak buah manggis pada umur 1 hingga 11 MSA berwarna hijau sedang (*medium green*), sedangkan pada umur 12 hingga 15 MSA kelopak buah manggis berwarna hijau (*green*) dan warna kelopak akhirnya berwarna hijau tua (*dark green*) ketika buah matang pada umur 16 MSA (Gambar 3B).

Tangkai buah manggis sejak umur 1 hingga 5 MSA berwarna hijau sedang, sedangkan pada umur 6 hingga 15 MSA berwarna hijau, dan warna tangkai buah berubah menjadi hijau tua ketika sudah tua (Gambar 3).

Spot getah kuning di luar kulit buah dapat dijumpai pada buah muda hingga buah tua (Gambar 4). Spot getah kuning tersebut dapat dibersihkan dengan cara di lap dengan kain halus. Apabila getah kuning masih menempel

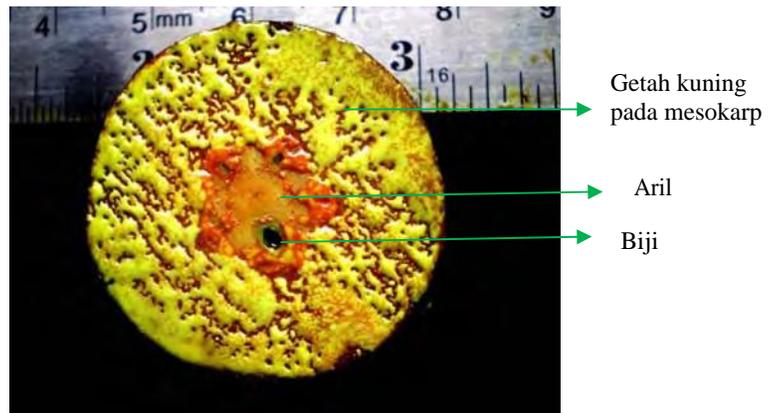
pada kulit buah, pembersihan selanjutnya dapat menggunakan tangan dengan cara mencongkel (PKBT, 2007).



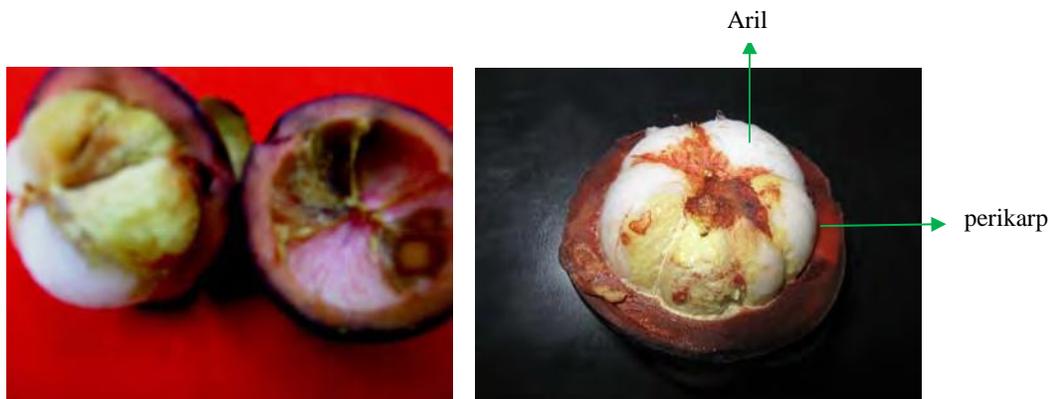
Gambar 3. Perkembangan morfologi buah manggis A. umur 1 hingga 12 MSA dan B. morfologi buah umur 13 hingga 16 MSA (Sumber: Tesis, Siti Ropiah, 2009)



Gambar 4 Spot getah kuning di kulit luar buah manggis berumur 13 MSA.



Gambar 5 Getah kuning pada perikarp dan aril buah manggis umur 7 MSA.



Gambar 6 Getah kuning pada aril buah manggis berumur 16 MSA.

Spot getah kuning pada aril buah muda sulit dideteksi, karena aril masih melekat dengan kulit buah dan kulit buah muda masih banyak mengandung getah yang encer, sehingga pada waktu kulit buah disayat getah akan keluar mengotori aril. Pada buah muda, jika dibelah secara melintang akan tampak getah kuning keluar dari kulit buah (perikarp) maupun aril buah. Getah yang ada di aril, pada awalnya berwarna kuning, setelah dibiarkan beberapa saat akan berubah menjadi merah (Gambar 5). Keluarnya getah kuning dari perikarp dan aril buah muda sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilaporkan pada bab IV, yaitu bahwa saluran getah dijumpai tidak hanya di perikarp melainkan juga di jaringan aril.

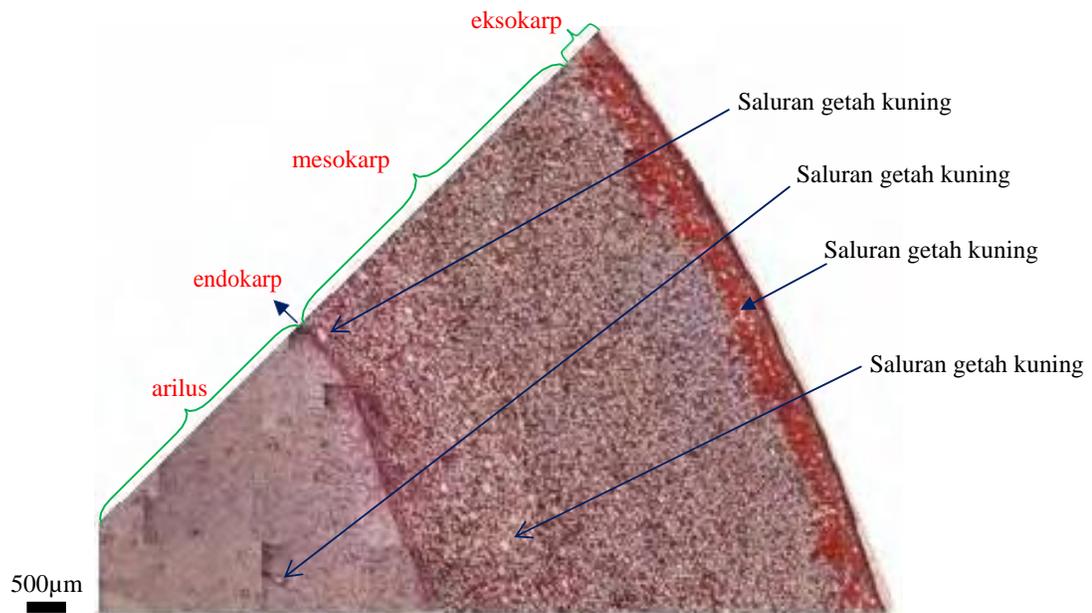
Getah kuning di aril hanya dapat diketahui jika buah dibuka (Gambar 6). Pengalaman penyortir menunjukkan bahwa buah manggis yang terkena getah kuning memiliki bobot relatif lebih berat dari pada buah yang sehat (PKBT, 2007). Insiden getah kuning di aril dapat dijumpai pada buah manggis umur 14 hingga 16 MSA. Hal ini bisa terjadi, karena kemungkinan pada aril buah yang bergetah proses respirasi terganggu, sehingga laju respirasi lebih rendah dari buah normal akibatnya bobot buah menjadi lebih berat. Terganggunya laju respirasi tersebut, belum diketahui penyebabnya. Adanya getah kuning mengotori aril kemungkinan karena getah kuning tersebut masih berupa glukoprotein dengan kandungan air yang lebih banyak (encer).

Pada saat perkembangan buah, biji bertambah besar terus, tetapi pertambahan volume sedikit, dan terjadi desakan dari dalam (Tabel 2), sehingga sel epitel yang mengelilingi saluran getah kuning yang ada di endokarp pecah dan getah kuning yang masih encer tersebut keluar dari saluran getah mengotori aril. Getah kuning pada aril buah disertai dengan buah berwarna bening (transparan) dan daging buah melekat ke kulit dengan rasa buah yang pahit.

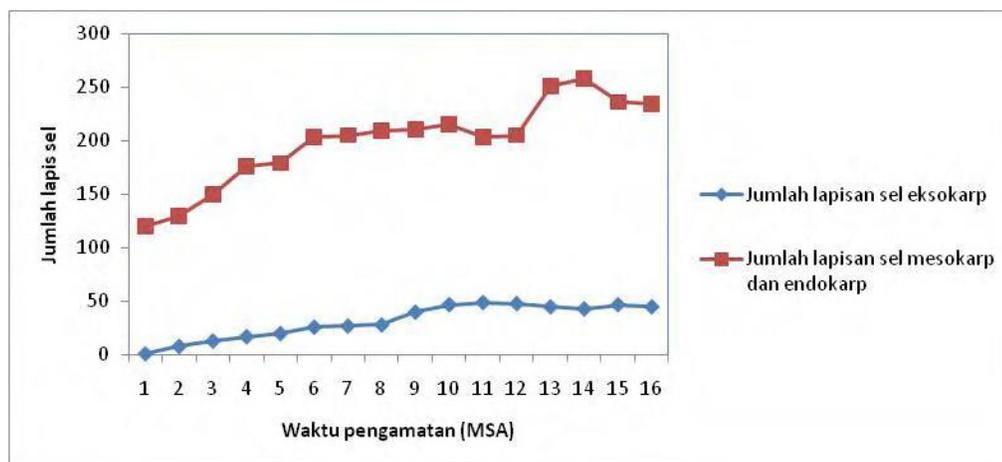
Anatomi Buah

Pengamatan anatomi buah manggis dapat dilihat pada Gambar 7, 8 dan 9. Lapisan terluar buah manggis adalah kutikula yang ditandai dengan warna merah. Bagian eksokarp buah tersusun atas jaringan sklereid tipe brakisklereid yang penebalan dinding selnya mengandung lignin ditandai dengan warna merah terhadap pewarna safranin (Gambar 7). Jumlah lapisan eksokarp dari buah

muda hingga dewasa bertambah seiring dengan perkembangan buah. Jumlah lapisan terbanyak dijumpai pada buah umur 11 MSA. Namun pada buah umur 12 MSA jumlah lapisan sel eksokarp menurun perlahan dan cenderung stabil hingga umur 16 MSA (Gambar 8). Lapisan endokarp sulit dibedakan dengan lapisan mesokarp buah. Oleh karena itu pengamatan jumlah lapisan mesokarp dan



Gambar 7 Sayatan melintang buah manggis umur 12 MSA.



Gambar 8 Perubahan jumlah lapisan sel eksokarp dan total sel mesokarp dan endokarp pada buah manggis umur 1-16 MSA.

endokarp digabung menjadi satu data. Pada saat umur 1 MSA, sel eksokarp terdiri hanya 1 lapis dan aril serta biji sudah terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian Rai (2006) yang melaporkan bahwa segmen aril telah mulai berkembang pada stadium delapan yaitu pada saat enam hari sebelum bunga mekar, sedangkan pada stadium sembilan yaitu saat bunga mekar primordia bakal biji sudah terbentuk.

Pada kurva pertumbuhan manggis saat umur 1 hingga 7 MSA, tampak bahwa perkembangan histologi buah manggis minggu 1 hingga 6 MSA meningkat pesat untuk semua peubah histologi yaitu jumlah lapisan eksokarp, jumlah total lapisan mesokarp dan endokarp, ukuran sel jaringan eksokarp, mesokarp, endokarp, dan aril. Pada minggu ke 6 hingga 8 MSA jumlah lapisan eksokarp, ukuran eksokarp, mesokarp, endokarp dan aril, serta jumlah lapisan mesokarp dan endokarp meningkat perlahan. Pada saat manggis berumur 14 MSA terlihat bahwa jumlah lapisan mesokarp dan endokarp paling tinggi yaitu sebanyak 258 lapis, sedangkan pada manggis umur 15 hingga 16 MSA dijumpai jumlah lapisan sel mesokarp dan endokarp menurun perlahan (Gambar 8).

Ukuran sel eksokarp, mesokarp, endokarp dan aril pada minggu pertama dijumpai berukuran paling kecil dan ukuran sel terbesar dijumpai pada jaringan aril pada umur 13 MSA yaitu dengan panjang 57.5 hingga 400 μm (Gambar 9).

Diameter buah di minggu ke tujuh dan delapan keadaannya yang merata, juga diikuti oleh data anatomi untuk peubah jumlah lapisan sel eksokarp dan total lapisan sel mesokarp dan endokarp, namun tidak demikian halnya pada peubah ukuran sel eksokarp, sel mesokarp, sel endokarp, dan sel aril. Ukuran sel pada peubah tersebut dijumpai menurun pada minggu ke delapan. Pada Gambar 9 C terlihat bahwa pertumbuhan ukuran sel endokarp meningkat tajam pada buah umur 14 hingga 15 MSA. Selain itu, pertumbuhan kumulatif tebal aril dan biji serta tebal biji meningkat tajam pada buah umur 14 hingga 16 MSA (Gambar 2D dan E). Hal ini menyebabkan pertumbuhan yang mendesak dari bagian dalam ke arah luar buah, sehingga diduga berkaitan dengan pecahnya saluran getah kuning dijumpai pada endokarp buah. Spot getah kuning di aril baru dapat dideteksi pada umur 14-16 MSA. Ukuran tebal kulit yang menurun pada buah umur 16 MSA juga diikuti dengan penurunan ukuran pada peubah sel eksokarp, endokarp dan

aril buah. Hal ini sesuai dengan penelitian pada buah peach dan almond berturut-turut yang dilaporkan oleh Ognjanov, *et al.* (1995) dan Hawker dan Buttrose (1980) yaitu, bahwa perubahan morfologi buah seiring dengan perkembangan anatomi buah.

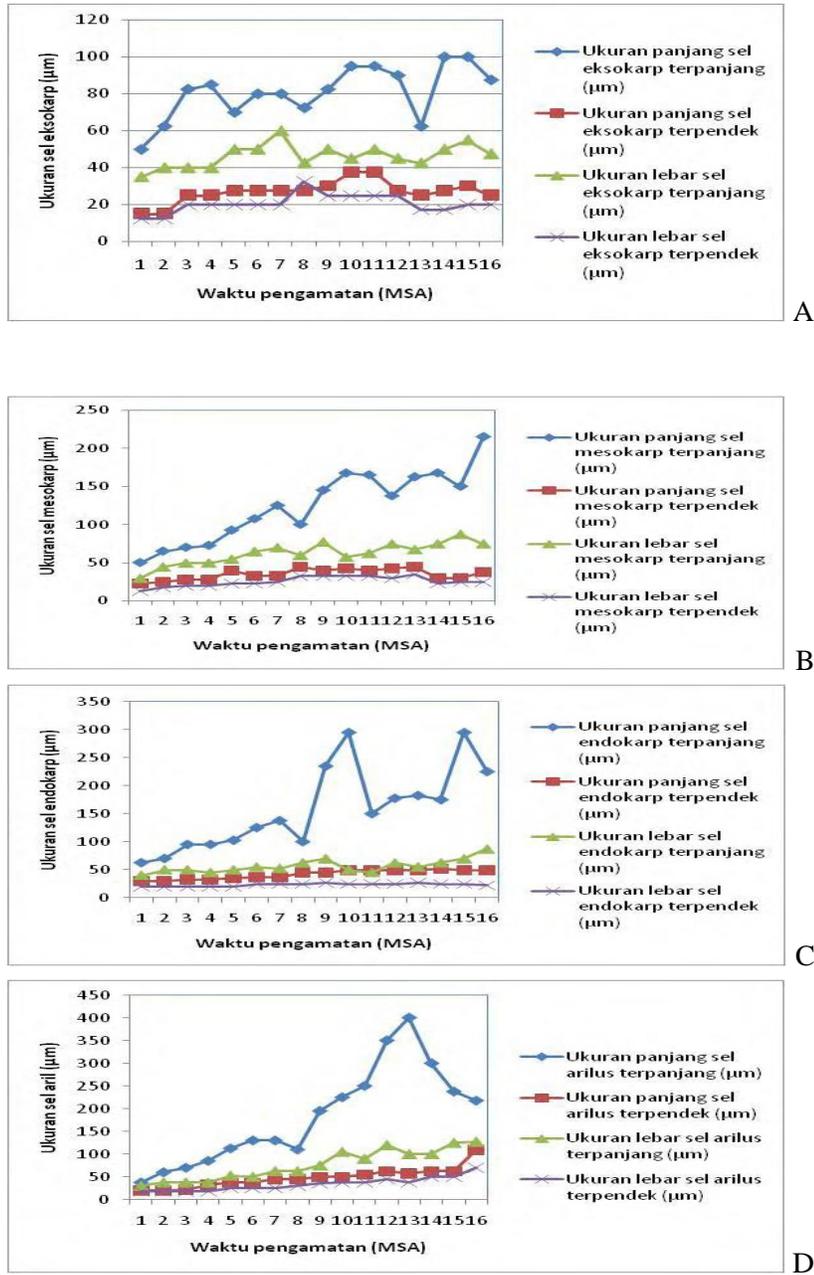
Pada buah manggis, ketika ovary berkembang menjadi buah, dinding ovary berkembang menjadi perikarp. Pematangan perikarp seiring dengan meningkatnya jumlah sel. Perikarp berdiferensiasi menjadi tiga bagian yaitu eksokarp, mesokarp dan endokarp.

Pola perkembangan morfologi buah seiring dengan perkembangan histologi buah. Pembelahan sel pada putik sudah terjadi sejak muncul primordia seiring dengan peningkatan ukuran buah, setelah pembelahan sel dilanjutkan dengan pembesaran sel (Esau (1974; Ryugo, 1988). Kurva pertumbuhan manggis yang pesat berdasarkan diameter buah saat umur 1 hingga 6 MSA, seiring dengan perkembangan histologi buah pada perubahan jumlah lapisan sel eksokarp, jumlah lapisan sel mesokarp dan endokarp, ukuran sel eksokarp, mesokarp, endokarp.

Pada minggu ke lima setelah antesis, kulit buah mulai menipis, diikuti dengan pertumbuhan biji yang pesat. Pada minggu ke sepuluh setelah antesis, biji tumbuh pesat, tetapi aril mulai tumbuh melambat. Pertambahan volume buah sedikit, tetapi pertambahan biji pesat, sehingga terjadi desakan dari dalam. Desakan ini berupa stres mekanik sehingga kemungkinan saluran getah kuning banyak pecah pada buah setelah buah berumur 10 minggu setelah antesis (MSA). Pada hasil pengamatan diperoleh bahwa getah kuning mulai mengotori aril pada saat buah berumur 14 minggu setelah antesis (MSA). Pada buah yang arilnya terkena getah kuning, tampak rusaknya sel epitel saluran getah kuning.

Analisis Densitas dan Ukuran Stomata pada Berbagai Tahapan Umur Buah Manggis

Pengamatan stomata pada kulit luar buah dilakukan pada berbagai tahapan umur buah manggis dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan dalam densitas dan ukuran pada stadia umur 2, 4, 6, 8, dan 10 MSA. Pada Bab VI dilakukan studi penyemprotan kalsium pada buah manggis pada 2, 4, 6, 8, dan 10 minggu setelah antesis (MSA). Kalsium masuk ke buah salah satunya melewati



Gambar 9 Perubahan ukuran sel eksokarp (A), sel mesokarp (B), sel endokarp (C), dan sel aril (D) pada buah manggis umur 1-16MSA.

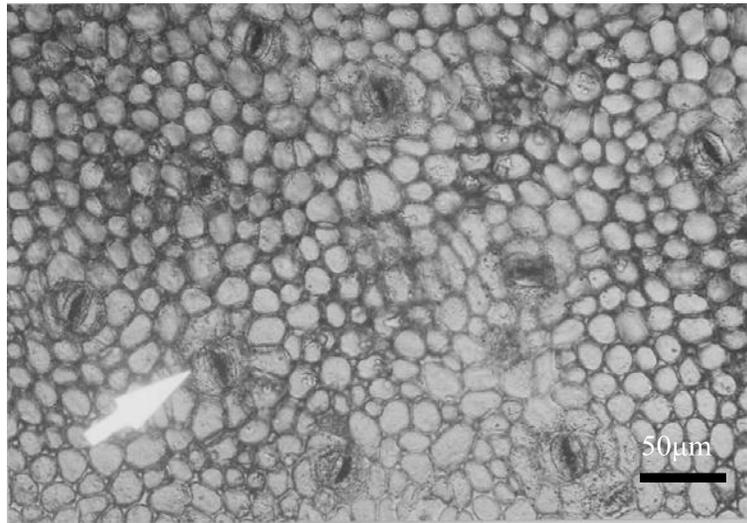
stomata yang dijumpai pada buah selain melalui lentisel dan trikoma (Saure, 2005). Oleh karena itu, dilakukan pengukuran densitas (jumlah stomata/mm²) dan ukuran stomata pada buah manggis pada umur 2, 4, 6, 8 dan 10 MSA untuk melihat kemungkinan masuknya kalsium melalui stomata pada berbagai stadia umur buah manggis. Pada Tabel 3 tampak bahwa densitas stomata pada berbagai stadia umur buah berbeda nyata. Densitas terendah (27.29/mm²) dijumpai pada stadia buah umur 10 MSA dengan lebar stomata terendah (19.17/mm²). Panjang stomata terkecil (30.00 μ m) dijumpai pada stadia umur 2 MSA, namun tidak berbeda nyata dengan buah manggis berumur 6 dan 10 MSA. Hal ini berarti, waktu penyemprotan garam kalsium pada stadia umur buah mulai dari 2 MSA sudah tepat, karena kalsium dapat masuk ke dalam buah lewat stomata secara optimal. Agar aplikasi kalsium efektif, kation kalsium harus masuk ke dalam jaringan perikarp. Kalsium masuk ke dalam buah dapat melalui kutikula, lentisel, pangkal trikoma dan stomata (Gambar 10) apabila tekanan permukaan cairan kurang dari 30 dyne/cm (Saure, 2005; Huang 2007; Bangerth, 1979; Schonherr dan Bukovac, 1972), namun masuknya kalsium tersebut ke dalam buah sangat sulit (Shear, 1975).

Pada kulit buah leci stomata dijumpai sangat sedikit. Aplikasi penyemprotan kalsium pada buah umur 2 minggu setelah antesis lebih efektif dibanding 5 dan 8 minggu setelah antesis (Huang *et al.*, 2005).

Tabel 3 Densitas dan ukuran stomata pada berbagai tingkatan umur buah manggis pada tahun I

Umur buah (MSA)	Densitas (jumlah/mm ²)	Panjang stomata (μ m)	Lebar stomata (μ m)
2	33.71a	30.00c	21.67a
4	32.11a	31.67b	21.39a
6	34.52a	30.28bc	21.11a
8	33.31a	33.33a	21.48a
10	27.29b	31.11bc	19.17b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%



Gambar 10 Distribusi stomata di permukaan kulit luar buah manggis pada umur 4 minggu setelah antesis.

Simpulan

1. Kurva pertumbuhan buah manggis berdasarkan diameter transversal dan longitudinal buah adalah kurva hiperbola.
2. Warna kulit buah, kelopak dan tangkai buah bervariasi seiring dengan perkembangan buah.
3. Jumlah lapisan eksokarp selama perkembangan buah muda hingga dewasa bertambah seiring dengan perkembangan buah.
4. Kurva pertumbuhan manggis yang pesat berdasarkan diameter buah saat umur 1 hingga 6 MSA, seiring dengan perkembangan anatomi buah pada semua peubah.
5. Pada saat perkembangan buah pada minggu ke-10 terjadi desakan akibat perkembangan pembesaran aril dan biji dari arah dalam menuju ke luar jaringan buah sehingga menyebabkan pecahnya saluran getah kuning pada endokarp buah.