

Status Gula dan Hara pada Daun Serta Status Gula pada Buah Manggis Selama Fase Perkembangan Buah

Dhika Prita Hapsari^{1*}, Roedhy Poerwanto², Didy Sopandie³, Edi Santosa⁴,
Deden Derajat Matra⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor (IPB University), Indonesia

*E-mail: dhikaprita21@apps.ipb.ac.id

Diterima: 12/06/2024

Direvisi: 24/06/2024

Disetujui: 24/06/2024

ABSTRAK

Produksi manggis dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi yang cukup signifikan akibat terjadinya ketidakseimbangan fotosintat pada tanaman manggis. Pada saat *on year* buah manggis yang dihasilkan banyak namun berukuran kecil, sebaliknya pada saat *off year* buah manggis yang dihasilkan sedikit namun berukuran lebih besar. Selain itu, terjadi gugur buah yang cukup tinggi ketika *on year* akibat tanaman tidak mampu menopang buah yang sangat banyak. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan informasi mengenai status nutrisi pada tanaman manggis sehingga dapat menjelaskan fluktuasi hara dan gula pada tanaman manggis selama satu periode panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman manggis memiliki rasio jumlah daun dan buah yang tinggi yaitu 142:1. Perubahan kandungan hara daun akibat perkembangan buah manggis paling utama ditemukan pada unsur K, Ca, B, Cu, Zn yang memiliki peran penting dalam proses pembentukan buah. Diduga terjadi hambatan translokasi gula pada fase awal perkembangan buah yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan gula pada daun seiring dengan rendahnya kandungan gula pada buah manggis. Kandungan glukosa dan fruktosa paling tinggi terdapat pada buah manggis yang memasuki fase pematangan buah.

Kata kunci: Fotosintat, glukosa, nutrisi, *sink-source*, sukrosa

ABSTRACT

Mangosteen production fluctuates year by year because of imbalance nutrient in plant. Plant produces a lot of fruit with smaller size during "on season", while few of fruit with bigger size during "off season". On the other hand, the high fruit drop occurred when "on season" because mangosteen tree is not able to hold too many fruits. This experiment was conducted to obtain the information of nutrient status on mangosteen tree and explain the fluctuation of nutrient and sugar in one harvest period. The result show that mangosteen had a very high ratio between leaves and fruit, i.e 142:1. The changes of nutrient content during fruit development were found in potassium (K) and calcium (Ca), B (boron), Cu (copper), Zn (zinc) which have a critical role in fruit set process. Limitation of sugar translocation in the beginning of fruit development stage was occurred. It shows by the high content of sugar in leaves along with the low content of sugar in mangosteen fruit. The highest glucose and fructose content in mangosteen fruit was found on the beginning of maturation stage.

Keyword: Photosynthate, glucose, nutrition, *sink-source*, sucrose

PENDAHULUAN

Buah manggis yang dijuluki *Queen of Fruits* merupakan salah satu buah yang sangat digemari. Produksi manggis dari tahun ke tahun mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023) produksi manggis tahun 2018-2022 sebesar 228.155, 246.476, 322.414, 303.934 dan 343.663 ton. Tren produksi manggis selama 5 tahun mulai 2018-2022 tersebut menunjukkan peningkatan, namun sempat mengalami

penurunan produksi pada tahun 2021 dari 322 ribu ton menjadi 303 ribu ton. Nilai dan volume ekspor manggis cukup fluktuatif dari tahun ke tahun. Pangsa ekspor manggis Indonesia terutama ke tiga negara di Asia yaitu Hongkong dengan pangsa 43,59% atau 12,12 ribu ton, China 36,05% atau 10,02 ribu ton, dan Malaysia 15,88% atau 4,42 ribu ton. Prospek pasar manggis Indonesia masih terbuka lebar di China yang terlihat dari peningkatan ekspor manggis ke China sejak tahun 2018 diikuti dengan

pertimbangan angka populasi penduduk China (Kementerian Pertanian, 2020). Peluang pasar yang cukup besar untuk manggis akan dapat dimanfaatkan melalui peningkatan produksi dan kualitas manggis. Produksi manggis yang berfluktuasi dari tahun ke tahun perlu menjadi perhatian khusus.

Fluktuasi yang terjadi pada produksi manggis juga diakibatkan oleh faktor fisiologis yang disebut sebagai fenomena *biennial/alternate bearing*, dimana satu tanaman akan memproduksi buah lebih banyak pada satu musim (*on year*) dan lebih sedikit pada musim berikutnya (*off year*). *Biennial bearing* juga sering terjadi pada tanaman buah lain, seperti jeruk (Moss, 2015), mangga (Shivran et al., 2020) apel dan pir (Fioravanzo dan Czermainski, 2018), juga zaitun (Lavee, 2007). Fenomena tersebut disebabkan oleh habisnya energi dan cadangan makanan tanaman pada musim berikutnya yang telah digunakan untuk menghasilkan produksi tinggi pada musim sebelumnya. Proses terjadinya fenomena *biennial bearing* berbeda antar spesies dan perbaikan teknik budidaya yang telah dikembangkan belum mampu memberikan pengaruh yang menyeluruh pada tanaman (Monselise dan Goldschmidt, 1982). Pada saat *on year* buah manggis yang dihasilkan banyak namun berukuran kecil, sebaliknya pada saat *off year* buah manggis yang dihasilkan sedikit namun berukuran lebih besar. Monselise dan Goldschmidt (1982) menyatakan bahwa sedikitnya buah yang dihasilkan pada *off year* dikarenakan tanaman mengalami defisiensi nutrisi dan ketidakseimbangan hara akibat terlalu banyak buah yang harus ditopang pada musim sebelumnya (*on year*) sehingga tanaman membutuhkan waktu untuk mengumpulkan cadangan nutrisi agar dapat menghasilkan bunga dan buah. *Biennial bearing* pada tanaman apel biasanya disebabkan oleh pembungaan yang jaraknya berdekatan dengan perkembangan buah periode sebelumnya (Nichols et al., 2011). Selain itu, terjadi gugur buah yang cukup tinggi ketika *on year* akibat tanaman tidak mampu menopang buah yang sangat banyak. Hal tersebut menunjukkan terjadinya ketidakseimbangan fotosintat pada tanaman. Buah yang gugur merupakan buah yang tidak mendapatkan asimilat yang cukup dan biasanya memiliki kandungan auksin yang lebih rendah. Glukosa dan auksin bekerja

secara sinergis pada tahap perkembangan tanaman, dimana peningkatan glukosa dapat mendorong transpor auksin dalam tanaman (Hornitschek et al., 2012; Procko et al., 2014).

Kajian mengenai ritme pertumbuhan manggis sudah dilakukan oleh Hidayat (2002) yang menunjukkan bahwa tanaman manggis memiliki pertumbuhan yang sangat lambat dan sistem perakaran yang buruk. Hal tersebut diduga memiliki pengaruh pada transpor hara dan gula yang berujung pada terjadinya ketidakseimbangan fotosintat dan fenomena *biennial bearing* pada tanaman manggis, namun informasi terkait transpor hara dan fotosintat dari perakaran menuju daun serta dari daun menuju buah pada tanaman masih sangat terbatas. Informasi mengenai pola translokasi pada tanaman manggis diharapkan mampu membuka wawasan baru dalam pengelolaan tanaman manggis yang lebih baik. Pengelolaan yang dimaksud misalnya adalah mempertahankan jumlah bunga dan buah manggis agar tidak gugur ketika *off year*, atau justru melakukan penjarangan buah berbasis *leaf fruit ratio*. Dalam jangka panjang, informasi mengenai status nutrisi pada tanaman manggis diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan usaha untuk menekan fluktuasi produksi manggis dan membuat produksi manggis lebih stabil dari tahun ke tahun. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan fluktuasi hara dan gula pada tanaman manggis selama satu periode panen.

METODE

Penelitian dilakukan pada Agustus 2018-Mei 2019 menggunakan pohon manggis berumur 15 tahun yang berlokasi di Kebun Penelitian Pasir Kuda IPB. Analisis kandungan hara dilakukan di Laboratorium Pengujian Departemen AGH IPB, sedangkan analisis kandungan gula dilakukan di Balai Besar Industri Agro (BBIA) Bogor. Bahan yang digunakan adalah daun dan buah manggis pada setiap stadia perkembangan buah, mulai dari 10 hari setelah pecah tunas (4 minggu sebelum antesis) hingga panen (120 hari/17 minggu setelah antesis), yang dilakukan setiap bulan.

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode destruktif dan *destructive sampling*, yaitu sampel berupa daun dan buah manggis diambil

pada masing-masing fase perkembangan buah untuk dianalisis kandungan hara dan gulanya. Pengamatan jumlah cabang untuk mengetahui rasio buah dan daun dilakukan dengan membagi cabang primer manggis ke dalam 4 kelas ukuran cabang seperti pada **Gambar 1**. Pengamatan rasio buah dan daun serta kandungan gula dan hara dilakukan pada 5 pohon manggis berumur 15 tahun.

Prosedur Penelitian

Pengamatan terhadap jumlah buah dan daun yang dihasilkan oleh tanaman manggis dalam satu periode dilakukan untuk mengetahui status *sink-source* pada tanaman manggis. Pengamatan dilakukan ketika tanaman telah memasuki fase perkembangan buah dengan catatan seluruh cabang telah menghasilkan bakal buah. Penghitungan dilakukan terlebih dahulu pada jumlah cabang primer pohon manggis yang dibagi ke dalam 4 kelas ukuran, yaitu besar (A), agak besar (B), kecil (C) dan sangat kecil (D) dengan ukuran diameter cabang masing-masing 7-8 cm, 4-5 cm, ≥ 3 cm dan 1-2 cm seperti pada **Gambar 1**. Selanjutnya, dilakukan penghitungan jumlah buku, daun dan buah pada masing-masing kelas ukuran cabang primer (3 cabang pada masing-masing kelas ukuran). Kriteria daun yang dihitung adalah daun dewasa, tidak termasuk daun muda atau trubus yang baru muncul ketika *flushing* tanaman manggis. Pengukuran beberapa peubah tersebut dilakukan pada 5 pohon tanaman manggis sebagai ulangan. Seluruh peubah yang didapat kemudian dianalisis untuk mendapatkan data perkiraan jumlah daun dan buah total dalam satu periode panen dengan rumus [1], [2], [3], dan [4] sebagai berikut.

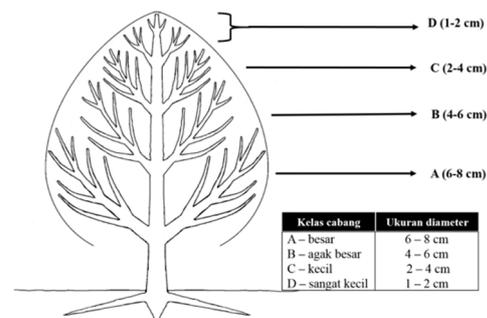
$$\begin{array}{l} \text{Perkiraan} \\ \text{jumlah daun per} \\ \text{kelas cabang} \end{array} = \begin{array}{l} \text{jumlah cabang x} \\ \text{jumlah daun per} \\ \text{cabang} \end{array} \quad [1]$$

$$\begin{array}{l} \text{Perkiraan} \\ \text{jumlah buah per} \\ \text{kelas cabang} \end{array} = \begin{array}{l} \text{jumlah cabang x} \\ \text{jumlah buah per} \\ \text{cabang} \end{array} \quad [2]$$

$$\begin{array}{l} \text{Perkiraan} \\ \text{jumlah daun} \\ \text{total per pohon} \end{array} = \begin{array}{l} \text{jumlah daun} \\ \text{pada kelas} \\ \text{A+B+C+D} \end{array} \quad [3]$$

$$\begin{array}{l} \text{Perkiraan} \\ \text{jumlah buah} \\ \text{total per pohon} \end{array} = \begin{array}{l} \text{jumlah buah} \\ \text{pada kelas} \\ \text{A+B+C+D} \end{array} \quad [4]$$

Status *sink-source* tanaman manggis didapatkan dengan melihat rasio antara total bunga dan buah dengan total daun pada satu tanaman manggis.



Gambar 1. Pembagian percabangan pada tanaman manggis untuk menghitung rasio daun dan buah

Analisis kandungan hara dilakukan pada daun, sedangkan analisis gula dilakukan pada daun dan buah manggis. Daun yang diambil sebagai sampel adalah daun yang paling dekat dengan bakal buah/bunga/buah. Pelabelan dilakukan pada ujung cabang yang mengalami pecah tunas sebanyak mungkin sebagai persiapan sampel untuk analisis gula di setiap fase perkembangan bunga-buah. Sampel daun dan buah manggis segar pada cabang yang sama diambil setiap bulan sesuai dengan fase perkembangan bunga-buah tertentu untuk dianalisis kandungan gulanya mulai bulan Agustus (10 hari setelah pecah tunas) sampai dengan Februari (panen) untuk kandungan gula pada bakal buah/bunga/buah, dan Agustus sampai dengan Maret (masa dorman) untuk kandungan gula pada daun. Kandungan gula yang dianalisis meliputi glukosa dan fruktosa menggunakan *high performance liquid chromatograph* (HPLC) oleh BBIA Bogor. Data kandungan sukrosa tidak dianalisis pada penelitian ini akibat kandungannya yang terlalu kecil sehingga tidak dapat terbaca oleh HPLC.

Kandungan hara makro dan mikro hanya dilakukan pada daun manggis. Sampel daun untuk analisis kandungan hara dioven terlebih dahulu pada suhu 70°C selama 3 x 24 jam, kemudian sampel daun kering diblender untuk mendapatkan serbuk daun manggis. Sampel

serbuk kemudian dianalisis kandungan hara makro dan mikronya di Lab Pengujian AGH IPB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman manggis memiliki cabang berukuran sangat kecil yang cukup banyak, dimana semakin kecil cabang, jumlah bunga/buah dan daun yang dihasilkan semakin sedikit (**Tabel 1**).

Perkiraan jumlah buah didapatkan dengan cara menjumlahkan hasil perkalian antara jumlah cabang dengan jumlah buah per cabang pada masing-masing kelas cabang. Begitu juga dengan perkiraan jumlah daun yang didapatkan dengan cara menjumlahkan hasil perkalian antara jumlah cabang dengan jumlah daun per cabang pada masing-masing kelas cabang.

Tabel 1. Jumlah organ produktif dan perkiraan status *sink-source* pada tanaman manggis

Kelas cabang	Besar	Agak besar	Kecil	Sangat Kecil	Total	Rasio buah/daun
Jumlah cabang	8,7	8,3	6,3	42,3	63,6	
Jumlah buah per cabang	14,7	5,3	4,3	2,3	26,6	
Jumlah buku per cabang	28,3	22,3	17,7	12,7	81,0	
Jumlah daun per cabang	2001,3	772,7	516,3	313,3	3603,6	1:142
Perkiraan jumlah buah per kelas cabang	127,1	44,4	27,4	98,8	297,7	
Perkiraan jumlah daun per kelas cabang	17344,9	6438,9	3270,1	13264,4	40318,3	

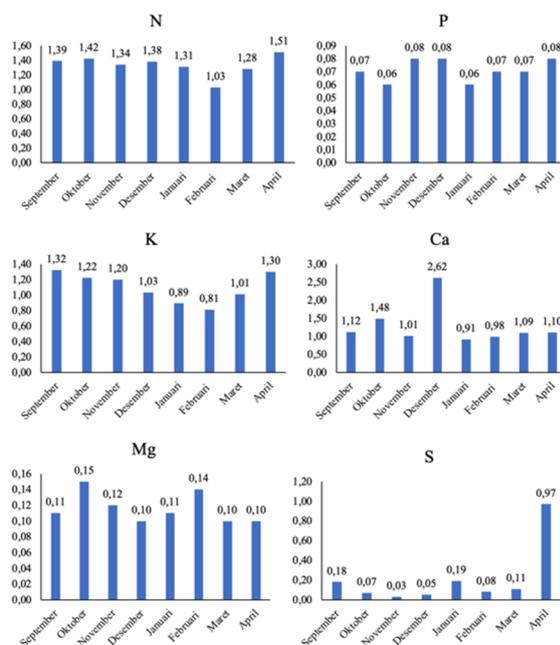
Berdasarkan hasil pengamatan, seperti yang telah disajikan pada **Tabel 1**, tanaman manggis memiliki 64 buah cabang, 298 buah dan 40318 daun dalam satu periode panen. Rasio antara daun dan buah manggis adalah 142:1 yang menunjukkan bahwa daun manggis sejumlah 142 daun dapat menyokong asimilat untuk 1 buah manggis. Rasio antara buah dan daun pada tanaman manggis tersebut sangat jauh berbeda jika dibandingkan dengan buah apel, dimana 1 buah apel dapat disokong oleh 10 daun dewasa (Warmund, 2008). Tanaman manggis membutuhkan paling tidak 20 daun untuk dapat menopang perkembangan 1 buah, sebagai tambahan, modifikasi rasio daun dan buah sebesar 150:1 dapat meningkatkan bobot buah 300 g dan bobot kering daging buah 6% lebih tinggi dibandingkan dengan rasio 10:1 (Lechaudel et al., 2002). Tingginya rasio antara daun dan buah pada tanaman manggis diduga terjadi akibat daun pada tanaman manggis memiliki laju fotosintesis dan konduktansi stomata yang rendah diikuti dengan tingginya *photoinhibition* (Downton et al., 1990). Perkembangan sistem perakaran manggis yang lambat diduga juga turut mempengaruhi lambatnya perkembangan serta metabolisme pada tanaman manggis (Hidayat, 2002). Hal ini menyebabkan dibutuhkan banyak daun untuk menghasilkan asimilat yang cukup dalam menopang perkembangan buah manggis.

Hara makro yang dianalisis meliputi N, P, K, Ca, Mg dan S, sedangkan hara mikro meliputi

B, Cu, Mn dan Zn (**Gambar 2**). Pada percobaan ini kandungan N daun manggis mengalami penurunan paling tinggi pada bulan Februari bertepatan dengan fase awal pematangan buah. Kondisi serupa juga terjadi pada hara K, sedangkan penurunan kandungan P daun paling tinggi terjadi pada bulan Januari bertepatan dengan fase pembesaran buah. Penurunan ini diduga terjadi karena pada saat pembesaran buah tanaman membutuhkan banyak energi untuk mentranslokasikan asimilat dari daun menuju buah, dimana unsur P berperan penting sebagai komponen energi dalam bentuk *adenosine-tri-phosphate* (ATP). Kondisi ini sejalan dengan penelitian Iqbal et al. (2022) pada tanaman *olive* yang mengalami penurunan hara N, P dan K pada fase perkembangan buah.

Perubahan kandungan hara lain yang terlihat cukup signifikan adalah hara K dan Ca. Kandungan hara K menurun selama bulan Desember-Maret dan kembali meningkat pada bulan April ketika fase dorman. Pada fase dormansi, aktivitas metabolisme tanaman menurun sehingga kandungan hara mulai stabil dan tanaman melakukan proses *recovery* ketika memasuki fase tersebut untuk menghadapi musim berikutnya. Berbeda dengan kandungan K, pada bulan Desember terjadi penyerapan Ca yang paling tinggi pada daun manggis. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi penggunaan unsur Ca dan K yang tinggi pada fase perkembangan buah cepat dan fase

pematangan, yaitu mulai 8 MSA (minggu setelah antesis) sampai dengan panen. Peningkatan Ca dan penurunan K pada daun juga terjadi pada buah kiwi selama fase perkembangan buah (Xiloyannis et al., 2001). Hal tersebut berkorelasi dengan tingginya transpirasi pada buah dan daun selama fase awal perkembangan buah sehingga juga menyebabkan penurunan rasio K/Ca pada daun. Penurunan rasio K/Ca juga terjadi pada jeruk pada fase awal perkembangan buah (Storey dan Treeby, 2000). Xiloyannis et al. (2001) juga menyatakan bahwa pada tanaman kiwi, daun menunjukkan aktivitas transpirasi paling tinggi ($132.2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$) pada fase awal perkembangan buah sekitar 5 MSA.

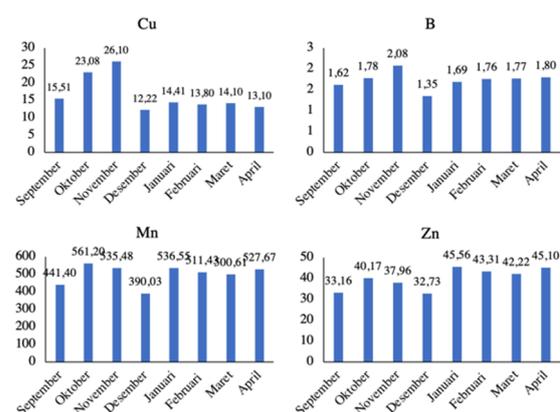


Gambar 2. Kandungan hara makro pada daun manggis di setiap fase perkembangan buah (September 2018-April 2019)

Aplikasi pupuk K menyebabkan peningkatan ukuran buah pada buah berry (Davies et al., 2006) dan meningkatkan kualitas buah melon (Lester et al., 2004). Hal tersebut menunjukkan bahwa unsur K memiliki peran penting pada fase perkembangan buah. Penurunan konsentrasi K pada fase perkembangan buah umum terjadi pada tanaman buah. Penurunan kandungan K tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan tanaman terhadap unsur K pada fase perkembangan buah cukup tinggi. Woldemariam et al. (2018) menyatakan bahwa

terdapat hubungan yang kuat antara kandungan K daun dengan produktivitas tanaman. Tingginya kandungan kalsium pada fase perkembangan buah cepat, yaitu pada 8 - 10 MSA menunjukkan bahwa pada fase tersebut buah manggis menjadi sink yang kuat sehingga terjadi peningkatan kandungan Ca pada daun manggis yang paling dekat dengan buah. Peningkatan aktivitas metabolisme pada buah yang berkembang diduga juga mempengaruhi aktivitas fotosintesis daun dalam menyuplai asimilat menuju buah. Tingginya fotosintesis akan meningkatkan transpirasi daun, sehingga terjadi akumulasi Ca pada daun karena aliran Ca menuju tanaman mengikuti jalur transpirasi (Marschner, 2012).

Kandungan hara mikro yang menunjukkan perubahan selama periode pengamatan adalah B, Cu dan Zn (**Gambar 3**). Ketiga hara tersebut cenderung meningkat pada fase antesis dan 5-7 MSA dan berangsur menurun pada fase berikutnya hingga memasuki fase dorman kembali pada hara Cu, sedangkan hara B dan Zn kembali meningkat menjelang fase pematangan buah (11-13 MSA), panen (14-16 MSA) hingga dorman. Kandungan B daun menunjukkan kondisi yang berbeda pada banyak tanaman, seperti kandungan B daun meningkat pada tanaman jeruk (Ullah et al., 2011), sedangkan pada tanaman zaitun (Chatzissavvidis et al., 2005) kandungan B menurun selama fase perkembangan buah.

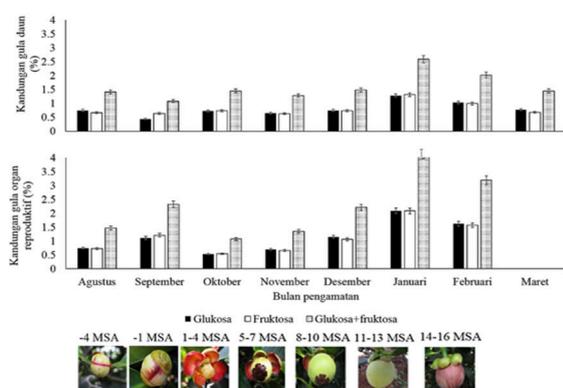


Gambar 3. Kandungan hara mikro pada daun manggis di setiap fase perkembangan buah (September 2018-April 2019)

Penurunan kandungan Cu daun pada fase dorman tanaman manggis sejalan dengan

kandungan Cu pada daun tanaman apel (Nachtigall dan Dechen, 2006). Mett et al. (1996) menyatakan bahwa Cu memiliki peran dalam mengaktifkan gen *cytokinin synthase* sehingga dapat meningkatkan kandungan sitokinin pada tanaman dan menunda proses senesen pada daun. Cu bersama dengan Ca terlibat dalam proses pembentukan struktur buah pada fase awal perkembangan buah. Terdapat korelasi yang positif antara jumlah sel dengan kandungan sitokinin pada buah tomat muda pada fase perkembangan awal (Srivastava dan Handa, 2005). Kandungan sitokinin menunjukkan kandungan terendah pada fase pematangan buah menjelang panen.

Terjadi fluktuasi kandungan gula yang cukup signifikan pada fase perkembangan buah cepat menuju panen (**Gambar 4**). Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kandungan glukosa dan fruktosa, baik pada daun maupun buah manggis. Hal ini berbeda dengan buah mangga, dimana fruktosa lebih dominan terdapat pada buah mangga apabila rasio daun:buah rendah, sedangkan pada kondisi rasio daun:buah tinggi gula yg dominan adalah sukrosa (Lechlaudel et al., 2004).



Gambar 4. Kandungan gula (glukosa, fruktosa dan glukosa+fruktosa) pada daun dan buah manggis di setiap fase perkembangan buah. MSA (minggu setelah antesis), tidak terdapat data kandungan gula buah pada bulan Maret karena buah telah dipanen

Peningkatan kandungan gula pada buah seiring dengan penurunan kandungan gula pada daun terjadi menjelang fase antesis, yaitu pada bulan September. Kandungan gula pada buah kemudian menurun ketika antesis, sedangkan

kandungan gula pada daun cenderung meningkat dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Penurunan gula pada buah pada saat antesis terjadi akibat adanya proses perkembangan dinding sel sekunder, dimana gula diperlukan dalam membentuk selulosa yang merupakan komponen utama dinding sel (Abidi et al., 2009). Menariknya, jika dibandingkan antara kandungan gula di daun dan buah pada bulan tersebut, kandungan gula pada daun (0.7%) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan gula pada buah (0.5%). Hal ini menimbulkan dugaan bahwa terjadi hambatan transpor gula dari daun menuju buah pada fase ini, walaupun dugaan ini masih perlu dievaluasi dan diteliti lebih lanjut. Fase perkembangan buah awal merupakan fase yang cukup krusial, karena pada fase ini buah yang tidak mendapatkan nutrisi cukup akibat kompetisi dengan organ yang sedang berkembang lainnya akan gugur dan berujung pada penurunan produksi manggis (Gainza-Cortés et al., 2012). Sadka et al. (2019) menyatakan bahwa kompetisi dapat terjadi, baik pada bunga dalam satu infloresen maupun antar infloresen. Hal tersebut menyebabkan waktu perkembangan bunga menjadi buah yang berbeda serta beberapa buah menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat (tidak serempak). Buah yang kalah dalam mendapatkan asimilat dapat tumbuh normal segera setelah buah kompetitornya dewasa atau memasuki fase pematangan buah. Posisi buah dan jumlah sel juga menentukan kekuatan *sink*. Bangerth dan Ho (1984) menyatakan bahwa buah buah distal (ujung) memiliki *sink strength* yang lebih lemah dibandingkan dengan buah proksimal (pangkal, dekat dengan daun), dimana jumlah sel pada buah distal 18% lebih rendah dibandingkan dengan buah proksimal.

Kandungan gula, baik pada daun maupun buah perlahan meningkat pada fase pembesaran buah. Selain itu, dapat dilihat pada **Gambar 4** bahwa ketika fase pembesaran buah (8-10 MSA), kandungan gula pada buah cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan gula pada daun. Kandungan gula semakin meningkat dan mencapai titik tertingginya memasuki fase pematangan buah, baik pada daun maupun buah. Proses perombakan pati menjadi gula terjadi cukup tinggi pada fase pematangan buah (Peirs et al., 2002). Selain itu, gula dalam bentuk sukrosa juga mengalami

perombakan menjadi fruktosa dan glukosa pada fase pematangan buah pada tanaman tomat (Nguyen-Quoc dan Foyer, 2001), strawberry (Sturm et al., 2003), jeruk (Katz et al., 2007) dan kesemek (Del Bubba et al., 2009). Hasil dari penelitian ini sedikit berbeda dengan yang terjadi pada buah jambu, yaitu jenis gula yang paling dominan saat fase pematangan adalah glukosa (Bashir dan Abu-Goukh, 2003). Penurunan kandungan gula pada daun manggis yang cukup signifikan terjadi pada fase dorman setelah panen. Tanaman akan mengumpulkan hara dan cadangan makanan pada fase dorman ini untuk melanjutkan siklus hidupnya dan bersiap untuk menghasilkan buah lagi pada musim berikutnya.

Tabel 2 menunjukkan korelasi antara gula-gula yang diuji pada daun dan buah manggis. Hubungan yang paling kuat, dalam hal ini yang memiliki koefisien korelasi di atas 0.8 meliputi hubungan antara kandungan glukosa daun dan kandungan fruktosa daun dengan kandungan glukosa+fruktosa daun, kandungan glukosa buah dan kandungan fruktosa buah dengan kandungan glukosa+fruktosa buah, kandungan glukosa daun dengan kandungan fruktosa daun serta kandungan glukosa buah dengan kandungan fruktosa buah. Berdasarkan hal tersebut dapat terlihat bahwa hubungan yang kuat terdapat pada jenis gula berbeda dalam organ yang sama, sedangkan hubungan antara jenis gula yang sama pada organ yang berbeda memiliki koefisien korelasi yang cukup rendah.

Tabel 2. Koefisien korelasi (r) antara kandungan glukosa, fruktosa dan glukosa+fruktosa pada daun dan buah manggis

Peubah	GFD	GFB	GD	GB	FD	FB
GFD	1					
GFB	0.69	1				
GD	0.97*	0.58	1			
GB	0.72	0.99*	0.61	1		
FD	0.96*	0.79	0.88*	0.81	1	
FB	0.67	0.99*	0.55	0.99*	0.78	1

Keterangan: Angka yang diikuti oleh tanda * menunjukkan nilai korelasi yang signifikan pada taraf 5%. GFD: glukosa+fruktosa pada daun, GFB: glukosa+fruktosa pada buah, GD: glukosa pada daun, GB: glukosa pada buah, FD: fruktosa pada daun, FB: fruktosa pada buah

SIMPULAN

Tanaman manggis memiliki rasio daun dan buah tinggi, yaitu 142:1. Perubahan kandungan hara daun akibat perkembangan buah manggis paling utama ditemukan pada unsur K, Ca, B, Cu dan Zn yang memiliki peran penting dalam proses pembentukan buah. Terjadi fluktuasi kandungan gula yang meliputi glukosa, fruktosa serta glukosa+fruktosa selama fase perkembangan buah, dengan kandungan gula paling tinggi terjadi pada fase awal pematangan buah. Tidak terdapat dominansi atau perbedaan kandungan glukosa dan fruktosa yang signifikan selama fase perkembangan buah. Semakin tinggi kandungan gula pada daun akan meningkatkan kandungan gula pada buah, namun hasil korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang cukup rendah antara jenis gula yang sama pada organ yang berbeda, sedangkan jenis gula berbeda dalam organ yang sama memiliki korelasi yang kuat. 2Tingginya rasio antara daun dan buah serta fluktuasi kandungan hara dan gula pada tanaman manggis mengindikasikan bahwa tanaman manggis membutuhkan tambahan nutrisi untuk dapat tumbuh dan menghasilkan buah dengan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Program Magister Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) tahun anggaran 2018/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidi, N., Hequet, E., dan Cabrales, L. (2009). Changes in sugar composition and cellulose content during the secondary cell wall biogenesis in cotton fibers. *Cellulose*, 17(1), 153–160.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Diambil dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Bangerth, F., dan Ho, L. (1984). Fruit position and fruit set sequence in a truss as factors determining final size of tomato fruits. *Ann Bot.*, 53, 313–319.
- Bashir, H., dan Abu-Goukh, A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 80(4), 557–563.

- Chatzissavvidis, C. A., Therios, I. N., dan Molassiotis, A. N. (2005). Seasonal Variation of Nutritional Status of Olive Plants as Affected by Boron Concentration in Nutrient Solution. *Journal of Plant Nutrition*, 28(2), 309–321.
- Davies, C., Shin, R., Liu, W., dan Thomas, M. R. (2006). Transporters expressed during grape berry (*Vitis vinifera* L.) development are associated with an increase in berry size and berry potassium accumulation. *Journal of Experimental Botany*, 57(12), 3209–3216.
- Del Bubba, M., Giordani, E., Pippucci, L., Cincinelli, A., Checchini, L., dan Galvan, P. (2009). Changes in tannins, ascorbic acid and sugar content in astringent persimmons during on-tree growth and ripening and in response to different postharvest treatments. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(7–8), 668–677.
- Downton, W., Grant, W., dan Chacko, E. (1990). Effect of elevated carbon dioxide on the photosynthesis and early growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Sci Hort.*, 44(3–4), 215–225.
- Fioravanço, J. C., dan Czermainski, A. B. C. (2018). Biennial bearing in apple cultivars. *Rev. Ceres Viçosa.*, 65, 144–149.
- Gainza-Cortés, F., Pérez-Díaz, R., Pérez-Castro, R., Tapia, J., Casaretto, J., González, S., dan González, E. (2012). Characterization of a putative grapevine Zn transporter, VvZIP3, suggests its involvement in early reproductive development in *Vitis vinifera* L. *BMC Plant Biology*, 12(1), 111.
- Hidayat, R. (2002). *Kajian ritme pertumbuhan tanaman manggis (Garcinia mangostana L.) dan faktor-faktor yang mempengaruhinya* (Disertasi). Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hornitschek, P., Kohnen, M. V., Lorrain, S., Rougemont, J., Ljung, K., López-Vidriero, I., ... Fankhauser, C. (2012). Phytochrome interacting factors 4 and 5 control seedling growth in changing light conditions by directly controlling auxin signaling. *Plant J.*, 71, 699–711. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2012.05033.x>
- Iqbal, M., Khan, M., Azam, M., Bhatti, M., Feroze, M., Zulfiqar, B., ... Asif, M. (2022). Seasonal fluctuations of N, P and K in leaves influenced nutrient requirement during fruit development stages in different olive genotypes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, e22210347.
- Katz, E., Fon, M., Lee, Y., Phinney, B., dan Sadka, A. (2007). The citrus fruit proteome: insight into citrus fruit metabolism. *Planta.*, 226(4), 989–1005.
- Kementerian Pertanian. (2020). *Outlook Manggis Komoditas Pertanian Subsektor Hortikultura*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.
- Lavee, S. (2007). Biennial bearing in olive (*olea europaea*). *Annales ser hist nat.*, 17(1), 101–112.
- Lechaudel, M., Genard, M., Lescourret, F., Urban, L., dan Jannoyer, M. (2002). Leaf-to-fruit ratio affects water and dry-matter content of mango fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(6), 773–777.
- Lechaudel, M., Joas, J., Caro, Y., Genard, M., dan Jannoyer, M. (2004). Leaf:fruit ratio and irrigation supply affect seasonal changes in minerals, organic acids and sugars of mango fruit. *Science of Food and Agriculture*, 85(2), 251–160.
- Lester, G., Jifon, J., dan Rogers, G. (2004). Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid and beta-carotene contents. *Amer Soc Hor Sci.*, 130(4), 649–653.
- Marschner, H. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). United State (US): Academic Press.
- Mett, V., Podivinsky, E., Tennant, A., Lochhead, L., Jones, W., dan Reynolds, P. (1996). A system for tissue-specific copper-controllable gene expression in transgenic plants: nodulespecific antisense of aspartate aminotransferase-P2. *Transgenic Res.*, 5, 105–113.
- Monselise, S., dan Goldschmidt, E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. In *Alternate bearing in fruit trees. Horticultural Review. 4: 128–173.* Morton J. 1987. *Mangosteen in: fruits of warm climates. Florida (USA)*. (hal. 301–304). Diambil dari <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mangosteen.html>.
- Moss, G. (2015). Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). *J Hort Sci.*, 46(2), 177–184.

- Natchigall, G., dan Dechen, A. (2006). Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. *Soils and Plant Nutrition*, 63(5), 1856.
- Nguyen-Quoc, B., dan Foyer, C. (2001). A role of 'futile cycles' involving invertase and sucrose synthase in sucrose metabolism of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 52(358), 881–889.
- Nichols, D., Embree, C. G., dan Fillmore, S. A. E. (2011). Dormant spur-wood pruning severity impacts on vegetative growth, blossom intensity and fruit weight of 'Honeycrisp' apple trees. *Acta Hort.*, 903, 681–687.
- Peirs, A., Scheerlinck, N., Perez, A., Jancsó, P., dan Nicolai, B. (2002). Uncertainty analysis and modelling of the starch index during apple fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology*, 26(2), 199–207.
- Procko, C., Crenshaw, C. M., Ljung, K., Noel, J. P., dan Chory, J. (2014). Cotyledon-generated auxin is required for shade-induced hypocotyl growth in *Brassica rapa*. *Plant Physiol.*, 165(1285–1301). <https://doi.org/10.1104/pp.114.241844>
- Sadka, A., Shlizerman, L., Kamara, I., dan Blumwald, E. (2019). Primary metabolism in citrus fruit as affected by its unique structure. *Front Plant Sci.*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01167>
- Shivran, J., Jat, M., Jat, R., dan Jat, A. (2020). Adoption of regular bearing in mango over biennial bearing. *Intl J Curr Microbiol Appl Sci*, 9, 149-154x.
- Srivastava, A., dan Handa, A. (2005). Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24(2), 67–82.
- Storey, R., dan Treeby, M. (2000). Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit. *Sci Hort.*, 84(1–2), 67–82.
- Sturm, L., Koron, D., dan Stampar, F. (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83(3), 417–422.
- Ullah, M. F., Khan, H. Y., Zubair, H., Shamim, U., dan Hadi, S. M. (2011). The antioxidant ascorbic acid mobilizes nuclear copper leading to a prooxidant breakage of cellular DNA: implications for chemotherapeutic action against cancer. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 67, 103–110.
- Warmund, M. (2008). *Leaf to fruit ratios: a balancing act for sustained apple production*. University of Missouri, *Integrated Pest Management*. Diambil dari <https://ipm.missouri.edu/meg/2008/3/Leaf-to-Fruit-Ratios-A-Balancing-Act-for-Sustained-Apple-Production/>
- Woldemariam, S., Solomon, M., dan Zeru, D. (2018). Effect of potassium levels on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 6(1), 104–117.
- Xiloyannis, C., Celano, G., Montanaro, G., Dichio, B., Sebastiani, L., dan Minnocci, A. (2001). Water relations, calcium and potassium concentration in fruits and leaves during annual growth in mature kiwifruit plants. *Acta Hort.*, 564, 129–134.