

# STUDI TRANSLOKASI KALSIMUM PADA JARINGAN TANGKAI DAN BUAH DALAM USAHA MENGATASI CEMARAN GETAH KUNING PADA BUAH MANGGIS

Odit F. Kurniadinata<sup>1\*</sup>, Roedhy Poerwanto<sup>2</sup>, Darda Efendi<sup>2</sup>, Ade Wachjar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman.

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, Bogor, Jawa Barat

\*Email : odit.ferry@gmail.com

## Abstract

*The yellow sap contamination caused poor quality of mangosteen fruit. Yellow sap will be an issue when the sap is contaminating the surface of the fruit or aryl caused by yellow sap channel broken. Yellow sap channel broken is associated with the low concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  in the fruit pericarp. Source of calcium and aeration condition in rhizosphere thought to affect absorption and translocation of  $\text{Ca}^{2+}$  to fruit tissues. This research aims to: [1] Getting the optimum dose and source of  $\text{Ca}^{2+}$ ; [2] Determine the critical time of Ca requirements based on fruit growth stages; [3] Obtain information of the best timing of Ca application based on stages of fruit development; [4] Determine the effect of biopore on efforts to increase the abundance of  $\text{Ca}^{2+}$  uptake and translocation to the optimization of  $\text{Ca}^{2+}$  in the mangosteen fruit; [5] Obtain an effective and simple technique to improve the uptake and translocation of Ca to fruit and can cope with yellow sap contamination in the mangosteen fruit. This research showed [1] Ca sources, both of dolomite and calcite, able to reduce contamination of yellow sap on aryl or mangosteen rind. [2] The application of  $1.6 \text{ kg Ca}^{2+} \cdot \text{tree}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  can reduce the percentage of yellow sap contamination scores on the mangosteen fruit. [3] The critical timing of  $\text{Ca}^{2+}$  needs on mangosteen is at the time of the first stage, namely when the rapid fruit growth stages. This stage occurs approximately at 1-4 weeks after anthesis; [4] anthesis stage is the best time to apply Ca in an effort to reduce the percentage and a score of yellow sap contamination. [5] Biopori will affect the increase in Ca uptake into fruit pericarp tissues indirectly. [6] The application of Ca at the time of anthesis and application Biopori is an effective technique and easy to apply and able to increase the percentage of the mangosteen fruit with yellow sap contaminant-free.*

*Kata Kunci: xylem, pedicel, eksocarp, mesocarp, endocarp, kulit buah*

## PENDAHULUAN

Permasalahan utama produksi buah manggis di Indonesia adalah adanya cemaran getah kuning (GK) pada aril dan kulit buah manggis. Adanya cemaran GK pada buah manggis akan mempengaruhi tampilan dan rasa buah manggis. Getah kuning adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ tanaman manggis. Cemaran GK terjadi saat getah ini keluar dari salurannya yang pecah dan mengotori aril (daging buah) atau kulit buah manggis. Pecahnya saluran getah terjadi karena sel-sel epitel penyusun saluran GK mendapat tekanan. Tekanan kemungkinan terjadi karena satu atau dua hal, yaitu pertama, disebabkan adanya peningkatan potensial cairan getah akibat menyerap air berlebih pada saat terjadi perubahan potensial air tanah yang mendadak. Kedua, tekanan

dari aril dan biji yang tumbuh lebih cepat daripada kulit buah. Kedua tekanan tersebut akan menyebabkan sel epitelium pecah bila dinding selnya lemah. Dinding sel yang lemah dan mudah pecah diduga akibat dinding sel-sel epitel saluran GK kekurangan kalsium (Ca) (Dorly 2009). Ca menjadi substansi perekat pada struktur dinding sel dalam bentuk Ca-pektat yang mengikat rantai pektin (Marschner 1995; Huang *et al.* 2005).

Saluran getah terdapat pada semua jaringan tanaman manggis. Struktur sekretori GK pada buah manggis berbentuk saluran memanjang dan bercabang, dikelilingi oleh sel-sel epitelium (Dorly 2009). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan Ca yang dilakukan pada kondisi dan saat yang tidak tepat tidak efektif. Pemupukan Ca pada saat menjelang berbunga tidak dapat meningkatkan kandungan Ca buah, tetapi meningkatkan kandungan Ca pada daun (Dorly 2009; Depari 2011). Aplikasi Ca pada saat belum terbentuk buah membuat Ca akan ditranslokasikan ke jaringan daun. Sifat Ca yang tidak mobil menyebabkan Ca yang tersimpan di daun tidak akan diretranslokasikan ke jaringan lain termasuk buah. Buah sebagai *sink* yang kuat yang akan meningkatkan serapan dan translokasi Ca dari akar ke jaringan buah.

Tanaman manggis memiliki sistem perakaran yang buruk karena tidak memiliki bulu akar dan mudah rusak akibat lingkungan yang kurang menguntungkan (Poerwanto 2000). Selain itu kondisi aerasi di daerah perakaran tanaman tahunan umumnya kurang baik, karena adanya pemadatan tanah di daerah perakaran selama bertahun-tahun. Perbaikan kondisi aerasi di daerah perakaran tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi biopori. Biopori merupakan teknik yang digunakan untuk menstimulasi terbentuknya saluran-saluran (pori-pori) tanah secara alami di daerah perakaran tanaman. Peningkatan aerasi di daerah perakaran diharapkan akan meningkatkan serapan  $Ca^{2+}$  oleh tanaman dan kemudian meningkatkan distribusi  $Ca^{2+}$  ke jaringan buah. Sumber pupuk  $Ca^{2+}$  yang diberikan diduga juga memberikan pengaruh terhadap serapan dan tingkat kelimpahan  $Ca^{2+}$  pada tanaman. Saat ini terdapat dua sumber  $Ca^{2+}$  yang umum digunakan oleh petani yaitu dari Dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ) dan Kalsit ( $CaCO_3$ ). Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk: (1) mendapatkan dosis dan sumber  $Ca^{2+}$  terbaik bagi serapan dan translokasi Ca ke jaringan buah, (2) mengetahui waktu kritis kebutuhan Ca oleh buah berdasarkan stadia pertumbuhan buah, (3) mendapatkan informasi waktu aplikasi Ca paling tepat untuk mengatasi cecaman GK berdasarkan stadia perkembangan buah, (4) mengetahui pengaruh biopori didalam usaha peningkatan kelimpahan  $Ca^{2+}$  dengan optimalisasi serapan dan translokasi  $Ca^{2+}$  pada buah manggis, (5) mendapatkan teknik yang efektif dan mudah untuk meningkatkan serapan dan translokasi Ca ke buah dan dapat menanggulangi cecaman GK pada buah manggis.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilakukan di kebun manggis Kelompok Tani Manggis Karya Mekar, di Kampung Cengal, Desa Karacak, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor. Penelitian berlangsung selama 36 bulan sejak persiapan hingga pengambilan data, yaitu dimulai pada bulan Maret 2011 hingga April 2014.

### **Percobaan I. Ca dan Biopori**

Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 3 ulangan, terdiri atas perlakuan dosis dan sumber  $Ca^{2+}$  sebagai faktor pertama terdiri atas 5 taraf yaitu: tidak dipupuk Ca, aplikasi 1.6 kg  $Ca^{2+}$  dolomit pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>, aplikasi 3.2 kg  $Ca^{2+}$  dolomit pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>, aplikasi 1.6 kg  $Ca^{2+}$  kalsit

pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>, dan aplikasi 3.2 kg Ca<sup>2+</sup> kalsit pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>. Jumlah 1.6 kg Ca<sup>2+</sup> pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> setara dengan 1 ton Ca<sup>2+</sup> ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> dan 3.2 kg Ca<sup>2+</sup> pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> setara dengan 2 ton Ca<sup>2+</sup> ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> berdasarkan jumlah populasi tanaman manggis sebesar 625 pohon ha<sup>-1</sup>.

Faktor kedua adalah aplikasi teknologi biopori pada daerah perakaran manggis, yang terdiri atas 2 taraf yaitu: tanpa aplikasi teknologi biopori dan dengan aplikasi teknologi biopori. Setiap taraf perlakuan terdiri atas satu tanaman dengan 3 ulangan sehingga diperlukan 30 tanaman. Ca diberikan pada saat anthesis di daerah perakaran manggis dengan cara ditaburkan pada larikan yang dibuat pada sekeliling pohon manggis di bawah tajuk dengan diameter lebih kurang 2 m, dan kemudian ditutup kembali dengan tanah. Teknologi Biopori diterapkan pada daerah perakaran tanaman manggis dengan membuat lubang dengan diameter 10 cm sedalam 100 cm, sebanyak 8 lubang di bawah tajuk tanaman manggis.

### **Percobaan II. Ca dan Stadia Pertumbuhan Buah**

Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan 3 ulangan, terdiri atas perlakuan waktu aplikasi Ca yang terdiri atas 7 taraf yaitu : kontrol (tanpa aplikasi Ca), aplikasi Ca pada saat sebelum berbunga (2 minggu setelah musim hujan dimulai), aplikasi Ca pada saat bunga muncul (80% dari populasi berbunga), aplikasi Ca pada saat anthesis (80% dari populasi anthesis), aplikasi Ca pada saat buah tumbuh stadia 1 (1 minggu setelah anthesis), aplikasi Ca pada saat buah tumbuh stadia 2 (4 minggu setelah anthesis), dan aplikasi Ca pada saat buah berukuran maksimum (6 minggu setelah anthesis). Pemberian Ca pada daerah perakaran manggis dengan cara ditaburkan dalam larikan yang dibuat pada sekeliling pohon manggis di bawah tajuk dengan diameter lebih kurang 2 m dari batang pohon, dan kemudian ditutup dengan tanah Ca yang digunakan bersumber dari Kalsit (CaCO<sub>3</sub>) sebanyak 10 kg Kalsit /pohon/tahun atau setara dengan 4.5 Kg Ca<sup>2+</sup> /pohon/tahun. Setiap taraf perlakuan terdiri atas satu tanaman sehingga diperlukan 21 tanaman manggis dewasa yang relatif seragam.

### **Percobaan III. Keberadaan Xylem pada Pedisel dan Pita Kaspari pada Akar**

Percobaan dilaksanakan dengan melakukan pengamatan mikroskopik terhadap jaringan xylem dan phloem pada ranting, pedisel dan kulit buah manggis dengan umur yang berbeda, yaitu masing-masing berumur 30 hari setelah anthesis (HAS) dan 90 HAS serta keberadaan pita kaspari pada bagian perakaran tanaman manggis. Percobaan dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur jaringan xylem dan phloem serta keberadaan pita kaspari pada masing-masing organ tersebut.

### **Pengamatan Umum**

Pengamatan dilakukan untuk menganalisis cemaran GK yang terjadi pada setiap stadia pertumbuhan dan perkembangan buah manggis. Peubah yang diamati adalah :

- A. Persentase Buah Tercemar. Pengukuran dilakukan dengan menghitung persentase jumlah buah yang tercemar GK pada aril dan kulit buah dalam setiap produksi
- B. Persentase Juring Tercemar per Buah. Pengukuran dilakukan dengan menghitung persentase jumlah juring yang tercemar GK pada tiap buah yang tercemar GK.
- C. Pengukuran Skor Cemaran GK pada Aril dan Kulit Buah Manggis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan scoring yang merujuk pada Kartika (2004) yang dimodifikasi, seperti tercantum pada Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** Skor cemaran getah kuning pada kulit

Skor Cemaran GK pada Kulit	Keterangan
Skor 1	<b>Baik sekali</b> , kulit mulus tanpa terlihat GK
Skor 2	<b>Baik</b> , kulit mulus dengan 1-5 gumpalan kecil GK yang mengering tanpa mempengaruhi warna buah
Skor 3	<b>Cukup baik</b> , kulit mulus dengan 6-10 tetes kecil GK yang mengering dan tidak mempengaruhi warna buah
Skor 4	<b>Buruk</b> , kulit kotor karena gumpalan sedang/ besar GK , terdapat 1-2 bekas aliran yang menguning dan membentuk jalur berwarna kuning di permukaan buah
Skor 5	<b>Buruk sekali</b> , kulit kotor karena terdapat lebih dari 1 gumpalan besar GK, terdapat banyak jalur-jalur berwarna kuning di permukaan buah, dan warna buah menjadi kusam.

**Tabel 2.** Skor cemaran getah kuning pada aril

Skor Cemaran GK pada Aril	Keterangan
Skor 1	<b>Baik sekali</b> , aril putih bersih, tidak terdapat GK baik diantara aril dengan kulit maupun dipembuluh buah
Skor 2	<b>Baik</b> , aril putih, terdapat 1-2 noda (bercak kecil) GK pada satu ujung aril, namun tidak memberikan rasa pahit
Skor 3	<b>Cukup baik</b> , terdapat beberapa noda (bercak) GK disalah satu ujung juring atau diantara juring dan mengotori aril
Skor 4	<b>Buruk</b> , terdapat noda/gumpalan GK baik di ujung juring, diantara juring atau di pembuluh buah yang menyebabkan rasa buah menjadi pahit
Skor 5	<b>Buruk sekali</b> , terdapat noda/gumpalan besar baik di juring, diantara juring atau di pembuluh buah yang menyebabkan rasa buah menjadi pahit, warna aril menjadi bening

Selain itu dilakukan pengamatan terhadap morfologi jaringan xylem dan phloem pada organ batang, tangkai buah dan kulit buah manggis, juga dilakukan pengamatan terhadap panjang akar berdasarkan satuan luas dan volume tanah pada daerah rhizosphere dengan menggunakan metode Line Intersect (Tennant 1975).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Percobaan I. Ca dan Biopori

Aplikasi Ca pada tahun kedua percobaan mampu menurunkan persentase buah tercemar pada aril menjadi 31-33%, sedangkan perlakuan tanpa Ca masih sebesar 72%. Demikian pula pada peubah persentase buah tercemar pada kulit, perlakuan tanpa aplikasi Ca menunjukkan persentase buah tercemar pada kulit tertinggi, baik pada tahun pertama maupun pada tahun kedua dengan persentase buah tercemar berturut-turut sebesar 96.7 % dan 91.8 %, sedangkan tanaman yang mendapat aplikasi Ca persentase buah tercemar GK pada kulit hanya sebesar 44-47% (Tabel 3).

Dosis Ca sebesar 1.6 kg pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> dengan sumber kalsit menunjukkan hasil yang sama baiknya dalam hal menurunkan cemaran GK dengan perlakuan 3.2 kg Ca pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> dengan sumber dolomit maupun kalsit. Aplikasi 1.6 kg Ca kalsit menunjukkan perbedaan pengaruh terhadap penurunan persentase buah tercemar baik di aril maupun kulit dengan aplikasi 1.6 kg Ca dolomit. Aplikasi 1.6 Ca dolomit menunjukkan nilai persentase buah tercemar getah kuning dan skor cemaran getah kuning

yang lebih tinggi dibandingkan 1.6 Ca kalsit. Hal ini diduga terkait dengan tingkat kecepatan  $\text{Ca}^{2+}$  tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Peter *et al.* (1996) menemukan bahwa kalsit akan segera bereaksi dengan tanah dan melepaskan  $\text{CO}_3^{2-}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  lebih cepat dibandingkan dolomit. Dengan demikian maka dolomit yang lebih lambat terurai dengan dosis 1.6  $\text{Ca}^{2+}$  akan lebih lambat dan lebih sedikit dalam menghasilkan  $\text{Ca}^{2+}$  tersedia dalam kurun waktu yang sama dibandingkan dengan kalsit. Kalsit dengan dosis yang sama bereaksi dan terurai lebih cepat didaerah perakaran manggis, menyebabkan  $\text{Ca}^{2+}$  lebih cepat tersedia.  $\text{Ca}^{2+}$  yang tersedia dapat segera diserap oleh akar muda tanaman manggis secara optimal. Berdasarkan efisiensi dan efektifitas, maka dosis Ca sebesar 1.6 kg pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> dengan sumber kalsit menjadi dosis yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan 3.2 kg Ca pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> dengan sumber dolomit maupun kalsit. Aplikasi Ca sebesar 1.6 kg  $\text{Ca}^{2+}$  pohon<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> atau setara dengan 1 ton  $\text{Ca}^{2+}$  ha<sup>-1</sup> telah mencukupi untuk menurunkan persentase cemaran pada kulit buah manggis (Tabel 3).

**Tabel 3.** Pengaruh aplikasi  $\text{Ca}^{2+}$  terhadap skor dan persentase buah tercemar pada aril dan kulit buah serta juring buah selama dua tahun

Perlakuan Ca	Skor GK pada aril (1-5)		% Buah tercemar GK pada aril		% Juring tercemar (%)		Skor GK pada kulit (1-5)		% Buah tercemar GK pada kulit	
	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II
	(-) Kalsium	2.3	2.7 a	91.7 a	72.3 a	31.5	28.8 a	2.8a	2.3 a	96.7a
1.6 $\text{Ca}^{2+}$ Dolomit	2.2	2.3 b	78.3 b	47.7 b	27.4	28.2 a	2.2 b	2.0 b	68.3 b	56.3 b
3.2 $\text{Ca}^{2+}$ Dolomit	2.3	2.1 c	66.7 c	31.0 c	27.5	26.7 ab	1.9 c	1.8 c	63.3 bc	47.7 c
1.6 $\text{Ca}^{2+}$ Kalsit	2.3	2.2 c	63.3 c	31.0 c	26.7	27.0 ab	1.9 c	2.0 b	61.7 c	46.3 c
3.2 $\text{Ca}^{2+}$ Kalsit	2.4	2.1 c	68.3 c	33.0 c	28.3	25.7 b	2.0 bc	2.0 b	66.7 bc	44.3 c

Ket.: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%; Thn = tahun

Pada tahun pertama, aplikasi teknologi biopori belum menunjukkan penurunan cemaran GK baik pada persentase buah tercemar pada aril dan kulit, maupun skor GK pada aril dan kulit buah. Pengaruh biopori baru terlihat pada tahun kedua percobaan. Pada tahun kedua percobaan terjadi penurunan skor GK secara nyata dibandingkan perlakuan tanpa aplikasi biopori, baik pada skor maupun persentase buah tercemar GK. Aplikasi teknologi biopori yang diterapkan pada tanaman manggis terbukti mampu menurunkan persentase buah tercemar pada aril dan kulit buah manggis menjadi masing-masing sebesar 38 % dan 50% dibandingkan tanpa aplikasi biopori yang masih sebesar 47 % dan 64 % (Tabel 4).

**Tabel 4.** Pengaruh aplikasi teknologi biopori terhadap skor dan persentase buah tercemar pada aril dan kulit buah serta juring buah selama dua tahun

Perlakuan Ca	Skor GK pada aril		% Buah tercemar GK pada aril		% Juring tercemar (%)		Skor GK pada kulit		% Buah tercemar GK pada kulit	
	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II	Thn I	Thn II
	(-) Biopori	2.3	2.3 a	75.3	47.2 a	30 a	28 a	2.3	2.1 a	72.7
Biopori	2.3	2.1 b	72.0	38.8 b	27 b	27 b	2.1	1.9 b	70.0	50.5 b

Ket.: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%; Thn = tahun

Pada tahun kedua percobaan diduga telah terbentuk kondisi aerasi yang baik di daerah perakaran tanaman manggis. Pori-pori yang terbentuk akan memberikan kondisi yang menguntungkan bagi tanaman dengan meningkatnya aerasi tanah. Peningkatan aerasi di daerah perakaran akan meningkatkan serapan  $Ca^{2+}$  oleh tanaman serta distribusi  $Ca^{2+}$  ke jaringan buah (Marschner 1995). Selain itu, Simson dan Straus (2010) menjelaskan bahwa ukuran dan distribusi pori tanah akan mempengaruhi pergerakan dan ketersediaan air dan udara melalui tanah. Tanaman membutuhkan udara dan air dalam tanah. keseimbangan yang baik dari ruang pori makro dan mikro diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal.

Biopori mendorong terbentuknya perakaran baru serta pembentukan akar sekunder dan tersier pada tanaman manggis produktif. Aplikasi biopori selama 3 tahun menunjukkan peningkatan panjang akar yang lebih besar dibandingkan tanaman manggis tanpa aplikasi biopori. Aplikasi Biopori mampu meningkatkan panjang akar mencapai 3.01 m /0.09m<sup>2</sup> tanah dibandingkan tanpa aplikasi biopori yang memiliki panjang akar hanya 0.68 m /0.09m<sup>2</sup>. Demikian pula panjang akar berdasarkan satuan volume tanah, aplikasi biopori meningkatkan panjang akar tanaman manggis mencapai 8.80 m /0.075m<sup>3</sup> tanah dibandingkan tanpa aplikasi biopori yang memiliki panjang akar hanya 4.61 m /0.075m<sup>3</sup> (Tabel 5).

**Tabel 5.** Panjang akar pada tanaman dengan perlakuan tanpa biopori dan dengan Biopori setelah 3 tahun sejak aplikasi (2011-2014)

Perlakuan	Panjang Akar berdasarkan luas tanah (m/0.09m <sup>2</sup> tanah)	Panjang Akar berdasarkan volume tanah (m/0.075m <sup>3</sup> tanah)
Tanpa Biopori	0.68 b	4.61 b
Biopori	3.01 a	8.80 a

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji T-Student 5%

Akar manggis tidak memiliki bulu akar pada semua stadia pertumbuhan (Wiebel 1993). Sistem perakaran manggis yang buruk menyebabkan penyerapan air dan hara menjadi lambat serta laju fotosintesis rendah (Cox 1976; Wiebel 1993). Ukuran dan distribusi pori tanah yang terbentuk oleh teknologi biopori akan mempengaruhi pergerakan dan ketersediaan air dan udara di dalam tanah serta mendukung pertumbuhan dan perkembangan akar muda. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa akar-akar baru terinduksi pada saat anthesis (data tidak ditampilkan). Saat anthesis terjadi peningkatan kebutuhan unsur hara termasuk Ca, yang mendorong tanaman untuk membentuk

perakaran baru. Penerapan teknologi biopori akan mendorong terbentuknya perakaran baru, dalam kondisi ini Ca yang diaplikasikan dapat diserap sebanyak-banyaknya oleh tanaman dan ditranslokasikan ke jaringan buah. Perakaran baru akan tumbuh dan berkembang dalam waktu yang terbatas, sebelum kemudian mengalami penurunan pertumbuhan. Hidayat (2002), Marschner (1995), Simson dan Straus (2010) menjelaskan bahwa pertumbuhan dan perkembangan akar muda hanya optimum selama lebih kurang 4-5 minggu sejak anthesis. Pada saat ini terjadi peningkatan serapan oleh akar dan kemudian akan meningkatkan tranlokasi  $Ca^{2+}$  ke jaringan buah.

## Percobaan II. Ca dan Stadia Pertumbuhan Buah

Pada percobaan ini aplikasi Ca melalui tanah di daerah perakaran manggis pada saat anthesis, mampu menurunkan skor cemaran dan persentase buah tercemar GK pada kulit buah (Tabel 6). Aplikasi Ca pada stadia I pertumbuhan dan perkembangan buah mampu menurunkan skor dan cemaran getah kuning dibandingkan tanpa aplikasi Ca.  $Ca^{2+}$  terutama diserap pada stadia awal pertumbuhan buah manggis sebagai bagian dari stadia pertumbuhan cepat buah.

Aplikasi Ca pada saat anthesis mampu menurunkan persentase cemaran getah kuning pada kulit hingga 50% dibandingkan waktu aplikasi lainnya, sedangkan aplikasi Ca pada 1 minggu setelah anthesis (MSA) mampu menurunkan persentase cemaran getah kuning pada aril hingga 30% dibandingkan waktu aplikasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa stadia 1 menjadi waktu kritis kebutuhan Ca sesuai dengan fase pertumbuhan dan perkembangan buah.

**Tabel 6.** Pengaruh waktu aplikasi Ca terhadap skor dan persentase buah tercemar pada aril dan kulit serta % juring tercemar GK

Perlakuan Ca	Skor GK pada aril	% Juring tercemar (%)	% Buah tercemar GK pada aril	Skor GK pada kulit	% Buah tercemar GK pada kulit
Tanpa $Ca^{2+}$	1.8 a	24	56.7 a	2.7 a	100.0 a
$Ca^{2+}$ sebelum berbunga	1.5 ab	14	46.7 ab	2.2 bc	73.3 bc
$Ca^{2+}$ saat bunga muncul	1.4 b	9	33.3 ab	1.7 de	63.3 cd
$Ca^{2+}$ saat anthesis	1.3 b	15	33.3 ab	1.5 e	50.0 d
$Ca^{2+}$ satu MSA	1.4 b	8	30.0 b	2.0 cd	90.0 ab
$Ca^{2+}$ empat MSA	1.4 b	12	40.0 ab	2.1 c	83.3 ab
$Ca^{2+}$ enam MSA	1.6 ab	17	46.7 ab	2.5 ab	90.0 ab

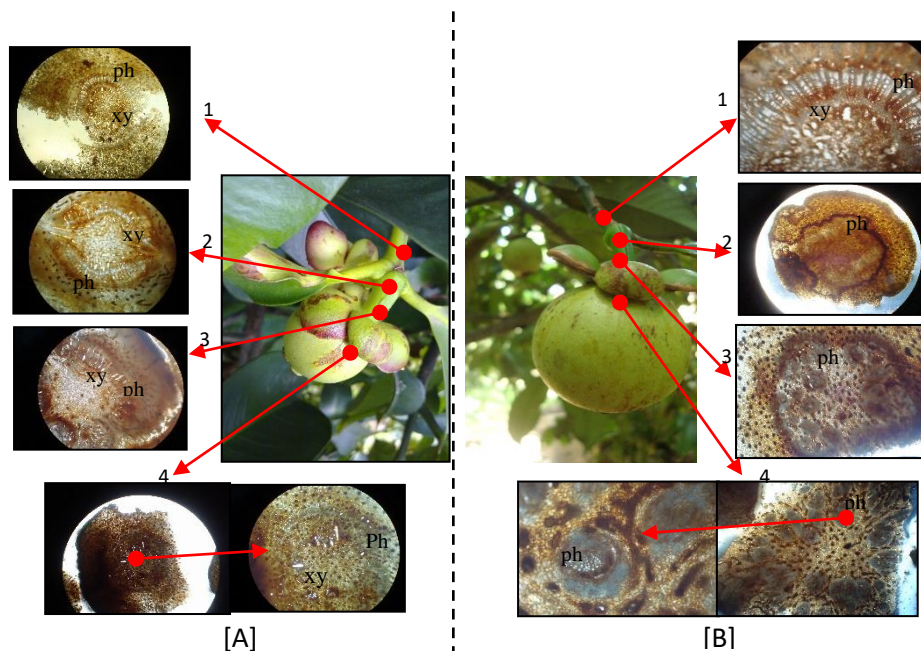
Ket.: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%; MSA = Minggu Setelah Anthesis

Penurunan cemaran GK pada aril dan kulit buah dengan aplikasi Ca pada saat anthesis dan 1 MSA menjelaskan bahwa stadia 1 menjadi waktu kritis terhadap kebutuhan Ca. Ca yang dibutuhkan selama stadia ini akan diserap sesuai dalam jumlah yang optimal sesuai dengan fase pertumbuhan dan perkembangan buah. Translokasi Ca dari akar menuju jaringan buah membutuhkan waktu yang dipengaruhi berbagai hal seperti kondisi xylem, transpirasi, kelembaban, kondisi air tanah, kondisi morfologi tanaman dan lain-lain. Kondisi saat buah menjadi *sink* yang kuat, terbentuknya akar muda dan kondisi xylem yang baik, menjadi informasi penting sebagai dasar untuk menentukan kapan aplikasi Ca dapat dilakukan untuk meningkatkan serapan dan translokasi Ca ke jaringan buah. Ca merupakan unsur hara yang berbeda dengan unsur hara lain, hal ini karena

translokasinya menuju jaringan buah sangat terbatas. Diantara penyebab terbatasnya transportasi Ca pada perkembangan buah adalah adanya suatu mekanisme fisiologis pembatasan aliran Ca menuju jaringan buah di jaringan pedisel yang menyebabkan Ca tertahan di pedisel. Hal ini kemudian dikenal dengan istilah *Ca bottle neck* (Huang *et al.* 2005). Proses hambatan tersebut hingga saat ini belum diketahui dengan pasti (Song *et al.* 2014). Hambatan lain terhadap translokasi Ca ke jaringan buah yaitu kerusakan dan kebocoran xylem seiring dengan pertumbuhan buah pada pedisel menuju jaringan kulit buah. Kerusakan xylem ini terutama terjadi pada saat memasuki fase pematangan buah.

### Percobaan III. Keberadaan Xylem pada Pedisel dan Pita Kaspari pada Akar

Pada percobaan 2 diketahui bahwa serapan Ca terutama terjadi pada saat memasuki stadia perkembangan buah cepat, yaitu pada saat 1-4 MSA. Hasil pengamatan mikroskopis terhadap organ ranting, pedisel dan kulit buah manggis muda (30 HSA) dan tua (90 HSA), terlihat adanya perbedaan pada keberadaan xylem. Pada jaringan pedisel dan kulit dari buah manggis muda terlihat susunan xylem dan phloem yang jelas baik pada tangkai, pangkal pedisel, ujung pedisel dan kulit buah. Pada jaringan pedisel dan kulit buah manggis tua hanya terlihat jaringan phloem yang mendominasi sebagai jaringan pembuluh, tanpa terlihat adanya jaringan xylem yang masih berfungsi (Gambar 1). Hal ini menjelaskan bahwa Ca ditranslokasikan ke jaringan buah sejak awal pertumbuhan buah, dan kemudian berkurang pada saat memasuki fase pematangan buah. Berkurangnya translokasi Ca ke jaringan buah sesuai dengan kondisi xylem.



**Gambar 1.** Pembuluh xylem dan phloem pada ranting [1], pangkal pedisel [2], ujung pedisel [3] dan pangkal buah [4] pada stadia buah muda (30 HSA) [A] dan stadia buah matang (90 HSA) [B]. ph=phloem; xy= xylem

Hasil pengamatan mikroskopis terhadap jaringan akar menunjukkan terdapat pita kaspari pada jaringan endodermis akar tua. Pada jaringan akar muda, tidak terlihat adanya pita kaspari (data tidak ditampilkan). Ca terutama ditranslokasikan secara apoplas, keberadaan pita kaspari akan menghambat translokasi  $Ca^{2+}$  dari endodermis menuju

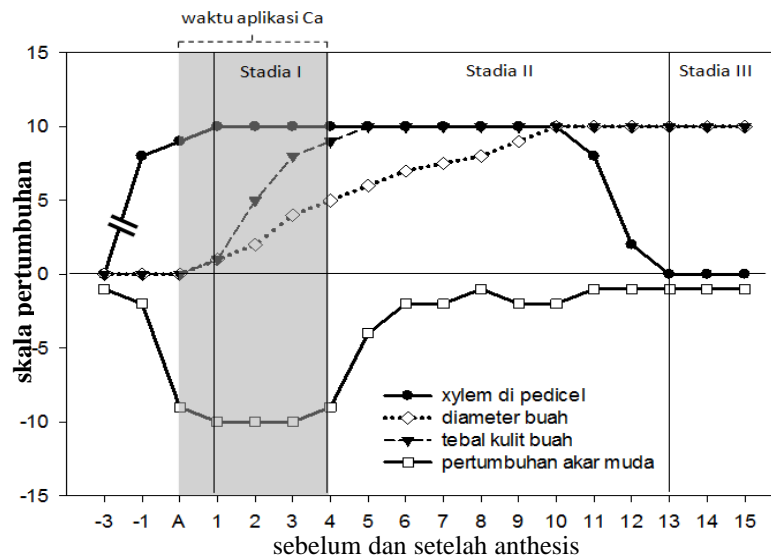


xylem.  $\text{Ca}^{2+}$  terutama diserap oleh jaringan akar yang masih muda karena belum terbentuk pita kaspary yang menutupi sel-sel endodermis dan menghambat translokasi  $\text{Ca}^{2+}$ .  $\text{Ca}^{2+}$  akan ditranslokasikan melalui jaringan endodermis akar langsung menuju xylem. Faust (1989) menjelaskan bahwa serapan  $\text{Ca}^{2+}$  terjadi secara optimal di daerah perpanjangan akar, yaitu di daerah diantara jaringan meristem dan diferensiasi akar. Marschner (1995) menambahkan bahwa serapan  $\text{Ca}^{2+}$  terutama terjadi melalui mekanisme aliran massa secara apoplas mengikuti proses transpirasi pada tanaman, sehingga semakin besar transpirasi pada tanaman maka semakin besar pula translokasi  $\text{Ca}^{2+}$  yang diserap dari akar. Selain itu terdapat mekanisme lain yang juga akan meningkatkan translokasi  $\text{Ca}^{2+}$  menuju jaringan buah pada saat malam hari atau pada saat transpirasi sangat rendah. Proses pengangkutan air dan hara ini dikenal sebagai mekanisme tekanan akar (Marschner 1995).

#### **IV. Model Hubungan Xylem di Pedisel dan Tingkat Pertumbuhan Akar Muda**

Stadia 1 menjadi waktu kritis kebutuhan Ca dalam stadia pertumbuhan dan perkembangan buah manggis. Berdasarkan pengamatan mikroskopik pada percobaan 3 dan studi pustaka, dibuat sebuah model hubungan antara keberadaan xylem di pedisel, diameter buah, tebal kulit dan tingkat pertumbuhan akar muda, untuk mengetahui hubungan antara xylem dan akar muda terhadap serapan  $\text{Ca}^{2+}$  ke jaringan buah. Grafik keberadaan xylem di pedisel dibuat berdasarkan pengamatan mikroskopis pada jaringan xylem di pedisel buah manggis umur 30 HAS dan 90 HAS serta hasil penelitian Hidayat (2002). Grafik diameter dan tebal kulit buah dibuat berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dorly *et al.* (2008). Grafik pertumbuhan dan perkembangan akar muda berdasarkan pengamatan keberadaan akar muda tanaman manggis pada saat anthesis dan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rigney dan Wills (1981), Faust (1989), Poovarodom (2010), dan Ropiah (2009). Model menggambarkan keadaan xylem sebagai satu-satunya jalur transportasi  $\text{Ca}^{2+}$  ke jaringan buah yang terbentuk sejak fase diferensiasi jaringan meristem hingga mencapai fase pematangan buah, sedangkan akar muda terinisiasi pada saat akan memasuki anthesis. Tingkat pertumbuhan akar muda hanya optimal dalam jangka waktu lebih kurang 1 bulan saja, yaitu sampai dengan 4 MSA (Gambar 2).

Anthesis adalah waktu terbaik untuk aplikasi Ca dalam usaha menurunkan cemaran GK pada buah manggis.  $\text{Ca}^{2+}$  baik bersumber dari kalsit maupun dolomit akan segera diserap oleh akar muda untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan buah cepat pada stadia 1. Serapan Ca optimal pada stadia 1 karena jaringan xylem yang masih bagus dan akar muda yang telah terbentuk. Kondisi pada saat xylem di pedisel masih baik dan saat terbentuknya akar baru pada perakaran manggis menjadi dua hal yang sangat penting dan tepat untuk menentukan kapan waktu aplikasi Ca yang terbaik. Pada stadia 1 terjadi peningkatan ketebalan kulit buah yang cepat, akibat pertumbuhan dan perkembangan sel-sel kulit buah. Peningkatan ketebalan kulit yang cepat ini akan mendorong terjadinya serapan  $\text{Ca}^{2+}$  yang cepat ke jaringan kulit buah. Translokasi  $\text{Ca}^{2+}$  dari akar ke jaringan buah membutuhkan waktu yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, oleh karena itu  $\text{Ca}^{2+}$  yang telah diserap oleh akar-akar muda akan tetap ditranslokasikan ke jaringan buah seiring pertumbuhan dan perkembangan buah.



**Gambar 2.** Model hubungan jaringan xylem pada pedicel dan tingkat pertumbuhan akar muda tanaman manggis. [-]= minggu sebelum anthesis; [A]=anthesis; [+]=minggu setelah anthesis.

Saluran xylem pada jaringan buah muda kemudian akan berangsur rusak pada saat akan memasuki fase pematangan buah, sedangkan perakaran muda yang terinisiasi pada saat anthesis hanya optimal hingga lebih kurang 1 bulan setelahnya. Drazeta *et al.* (2004) menjelaskan bahwa jaringan xylem pada pedicel buah hanya berfungsi optimal pada stadia awal pertumbuhan buah, setelah itu jaringan xylem akan mengalami kerusakan dan lebih lanjut kebutuhan unsur hara didalam pertumbuhan buah akan disuplai oleh phloem. Rigney dan Wills (1981) menemukan bahwa terjadi peningkatan Ca dinding sel seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan buah, akan tetapi kemudian menurun secara langsung pada saat memasuki fase pematangan buah. Faust (1989) dan Poovarodom (2009) menambahkan bahwa setelah melewati stadia pertumbuhan buah cepat, Ca tetap ditranslokasikan ke jaringan buah walau dalam jumlah sangat kecil dan berhenti pada saat akan memasuki fase pematangan buah.

Hal ini menjadi sebuah informasi penting didalam usaha meningkatkan kualitas buah manggis dengan orientasi ekspor, untuk mengetahui kapan waktu yang tepat untuk mengaplikasikan Ca. Aplikasi Ca secara tepat maka akan menjamin ketersediaan Ca bagi tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan buah, yang kemudian akan meningkatkan produksi buah manggis bebas cemaran GK.

### KESIMPULAN

1. Pemberian Ca, baik bersumber dari dolomit maupun kalsit, mampu menurunkan cemaran GK pada aril maupun kulit buah manggis.
2. Aplikasi Ca secara rutin sebanyak 1,6 kg  $\text{Ca}^{2+}$  pohon<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> dapat menurunkan persentase buah tercemar (pada aril) mencapai kisaran 31-33%, dibandingkan dengan perlakuan tanpa Ca yang menunjukkan persentase buah tercemar GK (pada aril) sebesar 72%.
3. Waktu kritis kebutuhan  $\text{Ca}^{2+}$  pada tanaman manggis terjadi pada masa stadia 1 yaitu pada saat stadia pertumbuhan buah cepat. Masa ini terjadi lebih kurang pada 1-4 minggu setelah anthesis.

4. Anthesis adalah waktu terbaik untuk mengaplikasikan Ca didalam usaha menurunkan persentase dan skor cemaran GK buah manggis.
5. Biopori akan mempengaruhi peningkatan pertumbuhan dan perkembangan akar muda yang akan meningkatkan serapan Ca.
6. Pemberian Ca pada saat anthesis serta aplikasi Biopori merupakan teknik yang efektif dan mudah diterapkan dan mampu meningkatkan persentase produksi buah manggis berkualitas bebas cemaran GK.

### **Ucapan Terimakasih**

Terimakasih diucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah membiayai sebagian besar kegiatan penelitian ini melalui Program Hibah Penelitian Tim Pascasarjana-HPTP (HIBAH PASCA) atas nama Prof Dr Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc untuk tahun anggaran 2011 dan 2012; Atas nama Dr Ir Darda Efendi, M.Si untuk tahun anggaran 2013; serta Program Beasiswa PKPI (Peningkatan Kualitas Publikasi Internasional)-Sandwich Like tahun 2013 di South China Agricultural University (SCAU), Guangzhou, China.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Cox JEK. 1976. *Garcinia mangostana*-Mangosteen. The Propagation of Tropical Fruit Trees 1st Eds. Common Wealth Bureau. Farn Harn Royal. England.
- Depari SOS. 2011. Studi Waktu Aplikasi  $Ca^{2+}$  Terhadap Pengendalian Getah Kuning dan Kualitas Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). [Thesis]. Sekolah PascaSarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dorly, Tjitrosemito S, Poerwanto R, Juliarni. 2008. Secretory Duct Structure and Phytochemistry Compounds of Yellow Latex in Mangosteen Fruit. HAYATI J. of Biosciences, Vol. 15, No. 3, p 99-104
- Dorly. 2009. Studi Struktur Sekretori dan Fitokimia GK serta Pengaruh Aplikasi  $Ca^{2+}$  pada Buah Manggis. [Disertasi]. Sekolah PascaSarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Drazeta L, Lang A, Hall AJ, Volz RK, Jameson PE. 2004. Causes and Effect of Changes in Xylem Functionality in Apple Fruit. Ann.Bot.93, 275-282
- Faust. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruits Trees. John Wiley & Sons. Inc. Canada.
- Hidayat R. 2002. Kajian Ritme Pertumbuhan Tanaman Manggis (*Garcinia mangostana* L) dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Huang X, Wang HC, Li J, Yin J, Yuan W, Lu J, Huang HB. 2005. An overview of calcium's role in lychee fruit cracking. In: Chomchalow N and Sukhvibul N, editor. Proceedings of the Second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae Plants; Chiang Mai, Thailand, 25-28 Agt 2003. Belgium: Acta Horticulturae 665:231-240.
- Kartika JG. 2004. Studi pertumbuhan buah, gejala getah kuning dan burik pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Marschner. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Acad. Press. London.

- Peters JB, Kelling KA, Schulte EE. 1996. Choosing between liming materials. University of Wisconsin-System Board of Regents and University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension. RP-12-05-(I-11/96)
- Poerwanto R. 2000. Teknologi Budidaya Manggis. Makalah disampaikan pada Diskusi Nasional Bisnis dan Teknologi Manggis. Kerjasama Pusat Kajian Buah-buahan Tropika. LP-IPB dengan Direktorat Jenderal Hortikultura dan Aneka Tanaman. Departemen Pertanian.
- Poovarodom S. 2009. Growth and Nutrient Uptake into Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Fruit. *The Proceedings of International Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Sciences, UC Davis*.
- Poovarodom S. 2010. Calcium and physiological disorders of mangosteen fruits. *Proceedings of the 16th Asian Agriculture Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology*. 25-27 August, 2010, Bangkok, Thailand.
- Rigney CJ, Wills RBH. 1981 Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience* 16:550-551.
- Ropiah S. 2009. Perkembangan Morfologi dan Fisiologi Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) selama Pertumbuhan dan Perkembangan. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- Simson SP, Straus MC. 2010. Basic of Horticulture. Oxford Book Company. Jaipur. India.
- Song Wen-pei Chen Wei, Kurniadinata OF, Wang Hui-cong, Huang Xu-ming. 2014. Application of electron probe to the observation of in situ calcium distribution in fruit tissues. *J. of Fruit Sci.* 31 (4) : 730-732.
- Tennant. 1975. A Test Of A Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. Dept. of Agriculture, South Perth, Western Australia 6151.
- Wiebel J. 1993. Physiology and Growth of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. [Disertasi]. Technische Universitat Berlin.