

Mengatasi Cemar Getah Kuning pada Buah Manggis (*Garcinia mangostana*) dengan Aplikasi Kalsium dan Teknologi Lubang Resapan Biopori

[The Effect of Calcium and Bio-Pores Absorption Holes Technology to Reduce Yellow Sap Contamination in Mangosteen (*Garcinia mangostana*)]

Odit Ferry Kurniadinata, Roedhy Poerwanto, Darda Efendi, dan Ade Wachjar

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

E-mail: odit.ferry@gmail.com

Naskah diterima tanggal 29 Mei 2015 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 2 Mei 2016

ABSTRAK. Cemar getah kuning pada buah manggis akan menurunkan kualitas buah. Cemar getah kuning terjadi pada saat getah mencemari permukaan kulit buah atau aril akibat pecahnya saluran getah kuning. Pecahnya saluran getah kuning berkaitan dengan keberadaan kalsium dalam pericarp buah. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mendapatkan dosis dan sumber kalsium terbaik dan efisien dalam menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis, (2) mengetahui pengaruh lubang resapan biopori di dalam usaha mengatasi cemaran getah kuning pada buah manggis, dan (3) mengetahui kombinasi terbaik dari aplikasi kalsium dan lubang resapan biopori untuk meningkatkan serapan dan translokasi kalsium ke buah dan dapat menanggulangi cemaran getah kuning pada buah manggis. Hasil penelitian ini menunjukkan: (1) pemberian kalsium, baik bersumber dari dolomit maupun kalsit, mampu menurunkan cemaran getah kuning pada aril maupun kulit buah manggis, (2) berdasarkan efisiensi dan efektifitas maka dosis pupuk kalsium sebesar 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun menjadi dosis terbaik dalam mengatasi cemaran getah kuning, (3) teknologi lubang resapan biopori dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar muda yang selanjutnya dapat meningkatkan serapan kalsium dan menurunkan cemaran getah kuning setelah 2 tahun aplikasi, (4) kombinasi 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun dengan teknologi lubang resapan biopori (LRB) merupakan teknik yang efektif dan mampu meningkatkan persentase produksi buah manggis berkualitas bebas cemaran getah kuning.

Kata kunci: Getah kuning; Manggis; Kalsium; *Xylem*; Pita kaspari; Biopori; Akar

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 the break of yellow sap channels. The break of yellow sap channel is associated with the low concentration of calcium in the fruit pericarp. The study was aimed to: (1) obtain the optimum dose and source of calcium, (2) determine the effect of biopore on efforts to increase the abundance of calcium uptake and translocation to the optimization of calcium in the mangosteen fruit, and (3) determine the best combination of application calcium and biopore to increase the uptake and translocation of calcium to fruit and can cope with yellow sap contamination in the mangosteen fruit. The results show that calcium sources, both of dolomite and calcite, are able to reduce contamination of yellow sap on aryl or mangosteen rind. Based on efficiency and effectiveness, 1.6 kg calcium calcite/tree/year is the best dose to reduce yellow sap contamination. Biopore affects the increase in calcium uptake into fruit pericarp tissues indirectly. The application of 1.6 kg calcium calcite/tree/year and biopore is an effective and easy to apply and is able to increase the percentage of the mangosteen fruit with yellow sap contaminant free.

Keywords: Yellow sap; Mangosteen; Calcium; *Xylem*; Casparian strip; Biopore; Root

Permasalahan utama produksi buah manggis di Indonesia ialah adanya cemaran getah kuning pada aril dan kulit buah manggis. Getah kuning adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ tanaman manggis. Cemaran getah kuning 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 getah kuning 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 (Poerwanto et al. 2010). Dinding sel yang lemah dan mudah pecah diduga akibat dinding sel-sel epitel saluran getah kuning kekurangan kalsium (Dorly et al. 2008). Saluran getah terdapat pada semua jaringan tanaman manggis. Struktur sekretori getah kuning pada buah manggis berbentuk saluran memanjang dan bercabang, dikelilingi oleh sel-sel epitelium (Dorly 2008). Kalsium menjadi substansi perekat pada struktur dinding sel dalam bentuk Ca-pektat yang mengikat rantai pektin (Marschner 1995, Joyce et al. 2001, Huang et al. 2005).

Perbaikan kondisi aerasi di daerah perakaran tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi lubang resapan biopori (LBR) yang ditemukan oleh Brata (2011 komunikasi pribadi).

Lubang resapan biopori merupakan teknologi 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 kalsium oleh tanaman dan kemudian meningkatkan distribusi kalsium ke jaringan buah.

Sumber pupuk kalsium yang diberikan diduga juga memberikan pengaruh terhadap serapan kalsium oleh tanaman. Beberapa hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan cemaran getah kuning pada buah manggis dengan aplikasi kalsium, seperti yang dilakukan oleh Dorly *et al.* (2008) sebanyak 6 ton kalsium ha/tahun dan Purnama *et al.* (2013) sebanyak 3,12 ton kalsium ha/tahun. Dosis pupuk kalsium yang digunakan relatif masih tinggi sebagai sumber pupuk kalsium. Aplikasi kalsium yang terlalu tinggi tidak akan efektif dan efisien bila diterapkan ke petani. Saat ini terdapat dua sumber kalsium yang umum digunakan oleh petani, yaitu Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) dan kalsit (CaCO_3). Kedua sumber kalsium tersebut belum diketahui secara jelas pengaruhnya terhadap penurunan cemaran getah kuning pada buah manggis. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk (1) mendapatkan dosis dan sumber kalsium terbaik dan efisien dalam menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis, (2) mengetahui pengaruh lubang resapan biopori di dalam usaha mengatasi cemaran getah kuning pada buah manggis, dan (3) mengetahui kombinasi terbaik dari aplikasi kalsium dan lubang resapan biopori untuk meningkatkan serapan dan translokasi kalsium ke buah dan dapat menanggulangi cemaran getah kuning pada buah manggis. Hipotesis dari penelitian ini ialah (1) aplikasi kalsium sebesar 1,6 kg kalsium/pohon/tahun mampu menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis, (2) aplikasi lubang resapan biopori mampu menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis, dan (3) kombinasi aplikasi 1,6 kg kalsium/pohon/tahun + lubang resapan biopori dapat menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 36 bulan, yaitu dimulai pada bulan Maret 2011 hingga April 2014, terdiri dari persiapan dan pemilihan tanaman sampel (2011), percobaan di lapangan dan pengamatan hasil (2012 dan 2013) di Kebun Manggis Kelompok Tani Manggis Karya Mekar, di Kampung Cengal, Desa Karacak, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor. Pengamatan panjang akar dan mikroskopis

akar manggis (2014). Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dengan tiga ulangan, terdiri atas perlakuan dosis dan sumber kalsium sebagai faktor pertama terdiri atas lima taraf, yaitu tidak dipupuk Ca, aplikasi 1,6 kg kalsium dolomit/pohon/tahun, aplikasi 3,2 kg kalsium dolomit/pohon/tahun, aplikasi 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun, dan aplikasi 3,2 kg kalsium kalsit/pohon/tahun. Jumlah 1,6 kg kalsium pohon/tahun setara dengan 1 ton kalsium/ha/tahun dan 3,2 kg kalsium pohon/tahun setara dengan 2 ton kalsium/ha/tahun berdasarkan jumlah populasi tanaman manggis sebesar 625 pohon/ha. Faktor kedua ialah aplikasi teknologi lubang resapan biopori pada daerah perakaran manggis, terdiri atas dua taraf, yaitu tanpa aplikasi teknologi lubang resapan biopori dan dengan aplikasi teknologi lubang resapan biopori. Setiap taraf perlakuan terdiri atas satu tanaman dengan tiga ulangan sehingga diperlukan 30 tanaman. Kalsium 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 lubang resapan biopori diterapkan pada daerah perakaran tanaman manggis dengan membuat delapan lubang, masing-masing dengan diameter 10 cm sedalam 100 cm yang kemudian diisi dengan bahan organik. Lubang berjarak 2 m dari batang pohon di bawah tajuk tanaman manggis.

Peubah yang diamati ialah:

Cemaran getah kuning pada aril

- Persentase buah tercemar per pohon. Dihitung berdasarkan persentase buah tercemar terhadap jumlah buah contoh (100 buah) per pohon.
- Persentase juring tercemar per buah. Dihitung berdasarkan persentase juring tercemar terhadap jumlah juring per buah (diambil merata dari seluruh buah contoh yang tercemar per pohon).
- Skor cemaran getah kuning pada aril. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skoring menurut Kartika (2004) yang dimodifikasi, seperti tercantum pada Tabel 1.

Cemaran getah kuning pada kulit

- Persentase buah tercemar per pohon
- Skor cemaran getah kuning pada kulit buah manggis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan skoring menurut Kartika (2004) yang dimodifikasi, seperti tercantum pada Tabel 2.

Panjang akar

- Pengukuran panjang akar nampak berdasarkan satuan luas (m^2) tanah. Pengamatan dilakukan

Tabel 1. Skor cemaran getah kuning pada aril (*Yellow sap contamination score in aryl*)

Skor (Score)	Keterangan (Remarks)
1	Baik sekali, aril putih bersih, tidak terdapat getah kuning baik di antara aril dengan kulit maupun di pembuluh buah
2	Baik, aril putih, terdapat 1–2 noda (bercak kecil) getah kuning pada satu ujung aril, namun tidak memberikan rasa pahit
3	Cukup baik, terdapat beberapa noda (bercak) getah kuning di salah satu ujung juring atau di antara juring dan mengotori aril
4	Buruk, terdapat noda/gumpalan getah kuning baik di ujung juring, di antara juring atau di pembuluh buah yang menyebabkan rasa buah menjadi pahit
5	Buruk sekali, terdapat noda/gumpalan besar baik di juring, di antara juring atau di pembuluh buah yang menyebabkan rasa buah menjadi pahit, warna aril menjadi bening

Nilai 1 (terbaik/tanpa cemaran) hingga nilai 5 (terburuk/memiliki skor cemaran tertinggi). [Score arranged from 1 (best/without contamination) to 5 (worst/highest contamination)]

Tabel 2. Skor cemaran getah kuning pada kulit (*Yellow sap contamination score on rind*)

Skor (Score)	Keterangan (Remarks)
1	Baik sekali, kulit mulus tanpa terlihat getah kuning
2	Baik, kulit mulus dengan 1–5 gumpalan kecil getah kuning yang mengering tanpa memengaruhi warna buah
3	Cukup baik, kulit mulus dengan 6–10 tetes kecil getah kuning yang mengering dan tidak memengaruhi warna buah
4	Buruk, kulit kotor karena gumpalan sedang/ besar getah kuning, terdapat 1–2 bekas aliran yang menguning dan membentuk jalur berwarna kuning di permukaan buah
5	Buruk sekali, kulit kotor karena terdapat lebih dari satu gumpalan besar getah kuning, terdapat banyak jalur-jalur berwarna kuning di permukaan buah, dan warna buah menjadi kusam

Nilai 1 (terbaik/tanpa cemaran) hingga nilai 5 (terburuk/memiliki skor cemaran tertinggi). [Score arranged from 1 (best/without contamination) to 5 (worst/ highest contamination)]

dengan membuat potongan vertikal dari permukaan tanah hingga kedalaman 0,30 m. Panjang potongan ialah 0,30 m sehingga terbentuk potongan vertikal dan melintang pada profil tanah seluas 0,30 m x 0,30 m. Potongan berjarak 1,5 m dari batang pohon manggis (di bawah lingkaran kanopi). Pada permukaan potongan vertikal dari profil tanah tersebut diletakkan plastik *fiber* transparan. Semua akar tanaman manggis yang terlihat/nampak pada plastik *fiber* tersebut kemudian digambar pola sebarannya. Pola yang didapatkan kemudian diukur menggunakan *curvimeter digital silva*. Panjang akar yang didapatkan kemudian dikonversikan dalam satuan per m².

- b. Pengukuran panjang akar berdasarkan satuan volume (m³) tanah. Pada metode ini akar-akar tanaman manggis diambil dari daerah perakaran. Ruang pengambilan akar berukuran 0,35 m x 0,35 m x 0,60 m. Semua akar yang didapat kemudian dipisahkan dari tanah dan benda lain. Akar-akar tersebut kemudian diletakkan dan disebar merata dalam sebuah wadah yang telah diisi dengan sedikit air. Akar kemudian ditekan dengan plastik fiber transparan yang telah diberi pola bergaris dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Tahap selanjutnya

menghitung jumlah akar yang berpotongan dengan garis secara horizontal dan vertikal. Data yang didapat kemudian dihitung dengan persamaan *Line Intersect Marsh* (Tennant 1975).

Keberadaan Pita Kaspari

Pengamatan dilakukan secara mikroskopis terhadap jaringan akar muda dan akar tua tanaman manggis. Akar dipotong melintang setipis mungkin, dibersihkan dengan menggunakan alkohol 70%, kemudian diamati keberadaan pita kaspari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun pertama percobaan, kombinasi perlakuan pemupukan kalsium dan teknologi LRB tidak memberikan pengaruh terhadap persentase buah tercemar getah kuning dan skor cemaran getah kuning pada aril dan kulit buah manggis, kecuali pada persentase juring tercemar getah kuning. Pengaruh kombinasi perlakuan pemupukan kalsium dan aplikasi LRB baru terlihat setelah 2 tahun percobaan (Tabel 3).

Berdasarkan dosis dan sumber kalsium, kombinasi 1,6 kg kalsium kalsit + biopori mampu menurunkan persentase buah tercemar getah kuning dan skor

Tabel 3. Pengaruh aplikasi kalsium dan teknologi lubang resapan biopori (LBR) terhadap persentase buah tercemar getah kuning pada aril/pohon, skor cemaran getah kuning pada aril dan persentase juring tercemar selama 2 tahun (*The effect of calcium and biopores absorption holes technology to the percentage of contaminated fruit with yellow sap on aryl/tree, yellow sap contamination scores on aryl, and the percentage of contaminated segment, in 2 years research*)

Perlakuan (Treatments)		Buah tercemar/pohon (Contaminated fruit/tree), %		Juring tercemar /buah (Contaminated segment/fruit), %		Skor (Scores)	
LBR	Kalsium	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Tanpa lubang resapan biopori	Tanpa kalsium	93,3	76,0 a	34,1 a	29,1 ab	2,33	2,7 a
	1,6 kg kalsium dolomit	80,0	56,7 b	29,3 ab	29,9 a	2,33	2,3 bc
	3,2 kg kalsium dolomit	66,7	32,7 c	30,0 ab	28,6 ab	2,30	2,1 de
	1,6 kg kalsium kalsit	66,7	34,0 c	27,3 b	26,9 ab	2,20	2,2 cd
	3,2 kg kalsium kalsit	70,0	36,7 c	27,9 ab	25,9 ab	2,40	2,1 de
Lubang resapan biopori	Tanpa Calsium	90,0	68,7 ab	28,8 ab	28,6 ab	2,33	2,6 ab
	1,6 kg kalsium dolomit	76,7	38,7 c	25,4 b	26,6 ab	2,00	2,2 cde
	3,2 kg kalsium dolomit	66,7	29,3 c	24,9 b	24,8 b	2,23	1,9 e
	1,6 kg kalsium kalsit	60,0	28,0 c	26,0 b	27,2 ab	2,40	2,1 de
	3,2 kg kalsium kalsit	66,7	29,3 c	28,5 ab	25,0 b	2,43	2,0 de

Data skoring diuji menggunakan uji peringkat Kruskal Wallis. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom skor getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%, pada kolom % buah tercemar per pohon dan % juring tercemar per buah menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. LBR= lubang resapan biopori (*Data scoring tested using Kruskal Wallis rank test. The number followed by the same letter in the column of yellow sap scores showed no significant difference at 0.05 level according to the Duncan test, in the column % contaminated fruit per tree showed no significant difference at 0.05 level according to DMRT test. LBR= biopores absorption holes technology*)

Tabel 4. Pengaruh aplikasi kalsium dan lubang resapan biopori (LBR) pada tanaman manggis terhadap persentase buah tercemar getah kuning pada kulit/pohon dan skor cemaran getah kuning pada kulit buah selama 2 tahun (*The effect of calcium and absorption holes biopore technology applications to the percentage of contaminated fruit with yellow sap on the skin/tree and yellow sap contamination scores on rind, for 2 years*)

Perlakuan (Treatments)		Buah tercemar /pohon (Contaminated fruit/tree), %		Skor (Scores)	
LBR	Kalsium	2012	2013	2012	2013
Tanpa lubang resapan biopori	Tanpa kalsium	100,0	97,0 a	2,93	2,43 a
	1,6 kg kalsium dolomit	73,3	68,7 c	2,33	2,06 bc
	3,2 kg kalsium dolomit	63,3	52,7 d	1,93	1,90 cd
	1,6 kg kalsium kalsit	60,0	52,0 d	1,97	1,93 c
	3,2 kg kalsium kalsit	66,7	50,0 de	1,97	2,03 bc
Lubang resapan biopori	Tanpa kalsium	93,3	86,7 b	2,80	2,13 b
	1,6 kg kalsium dolomit	63,3	44,0 def	2,03	1,96 bc
	3,2 kg kalsium dolomit	63,3	42,7 ef	1,77	1,73 d
	1,6 kg kalsium kalsit	63,3	40,7 f	1,90	2,00 bc
	3,2 kg kalsium kalsit	66,7	38,7 f	1,97	1,90 cd

Data skoring diuji menggunakan uji peringkat Kruskal Wallis. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom skor getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Dunncan 5%, pada kolom % buah tercemar per pohon menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 % (*Data scoring tested using Kruskal Wallis rank test. The number followed by the same letter in the column of yellow sap scores showed no significant difference at 0.05 level according to the Duncan test, in the column % contaminated fruit per tree showed no significant difference at 0.05 level according to DMRT test. LBR= biopores absorption holes technology*)

cemaran getah kuning pada aril dan kulit, seperti halnya aplikasi kalsium dengan dosis 3,2 kg kalsium dolomit dan 3,2 kg kalsium kalsit. Persentase buah

tercemar getah kuning pada aril menurun mencapai 28–38% dengan aplikasi kalsium dengan dan tanpa biopori, sedangkan kontrol menghasilkan persentase

buah tercemar getah kuning mencapai lebih dari 75%. Demikian pula pengaruh kombinasi aplikasi kalsium dan biopori baru terlihat pada tahun kedua dalam menurunkan persentase buah tercemar getah kuning dan skor cemaran getah kuning pada kulit buah. Aplikasi kalsium baik dolomit maupun kalsit, dengan dan tanpa aplikasi LRB mampu menurunkan persentase buah tercemar getah kuning pada kulit mencapai kisaran 38–44%, dengan skor hanya berkisar 1,9, sedangkan pada kontrol menghasilkan 97% buah tercemar getah kuning pada kulit dengan skor sebesar 2,4 (Tabel 4).

Aplikasi kalsium baik bersumber dari dolomit maupun kalsit nyata menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis, namun demikian dosis 1,6 kg kalsium kalsit menunjukkan hasil yang sama baiknya dalam hal menurunkan cemaran getah kuning dengan perlakuan 3,2 kg kalsium dolomit dan 3,2 kg kalsium kalsit/pohon/tahun. Berdasarkan efisiensi dan efektifitas maka dosis pupuk kalsium sebesar 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun menjadi dosis yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan 3,2 kg kalsium dan 3,2 kg kalsium kalsit. Aplikasi 1,6 kg kalsium dolomit menunjukkan nilai persentase buah tercemar getah kuning dan skor cemaran getah kuning yang lebih tinggi dibandingkan 1,6 kg kalsium kalsit. Hal ini diduga terkait dengan kecepatan tersedianya kalsium dan kemudahan diserap oleh tanaman. Peters *et al.* (1996) dan Stevens *et al.* (2005) menemukan bahwa kalsit akan segera bereaksi dengan tanah dan melepaskan CO_3^{2-} dan kalsium lebih cepat dibandingkan dolomit. Dengan demikian, maka dolomit yang lebih lambat terurai dengan dosis 1,6 kg akan lebih lambat dan lebih sedikit dalam menghasilkan kalsium tersedia dalam kurun waktu yang sama dibandingkan dengan kalsit. Kalsit dengan dosis yang sama bereaksi dan terurai lebih cepat di daerah perakaran manggis, menyebabkan kalsium lebih cepat tersedia. Kalsium yang tersedia dapat segera diserap oleh akar muda tanaman manggis secara optimal.

Aplikasi LRB mampu meningkatkan efisiensi pupuk kalsium yang diberikan. Aplikasi LRB setelah 3 tahun akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan akar muda khususnya pada saat anthesis menjadi lebih optimal. Dengan jumlah dan panjang akar muda yang lebih banyak serta kondisi aerasi yang baik maka tanaman dapat menyerap berbagai unsur hara yang tersedia secara optimal.

Tersedianya unsur hara pada saat perakaran muda terbentuk menjadi fase penting dalam mengoptimalkan serapan dan translokasi kalsium oleh akar ke jaringan buah. Berdasarkan efisiensi dan efektifitas maka dosis

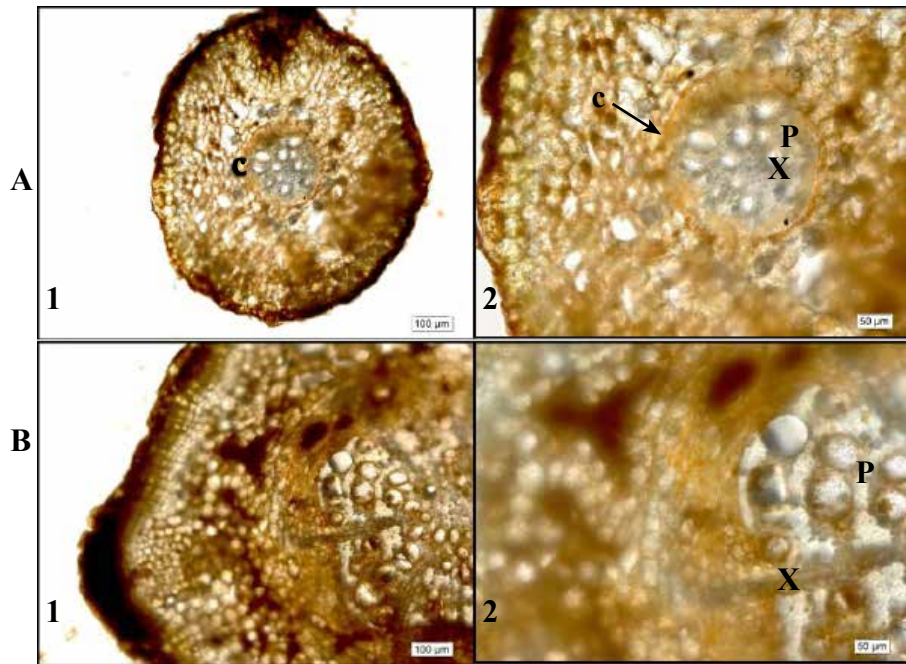
pupuk kalsium sebesar 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun menjadi dosis yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan 3,2 kg kalsium dan 3,2 kg kalsium kalsit. Kombinasi kalsium sebesar 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun atau setara dengan 1 ton kalsium/ha/tahun dengan teknologi LRB mampu meningkatkan persentase jumlah buah manggis berkualitas bebas cemaran getah kuning.

Hasil pengamatan mikroskopis terhadap jaringan akar manggis menunjukkan terdapat pita kaspari pada jaringan endodermis akar tua, sedangkan pada jaringan akar muda, tidak terlihat adanya pita kaspari (Gambar 1).

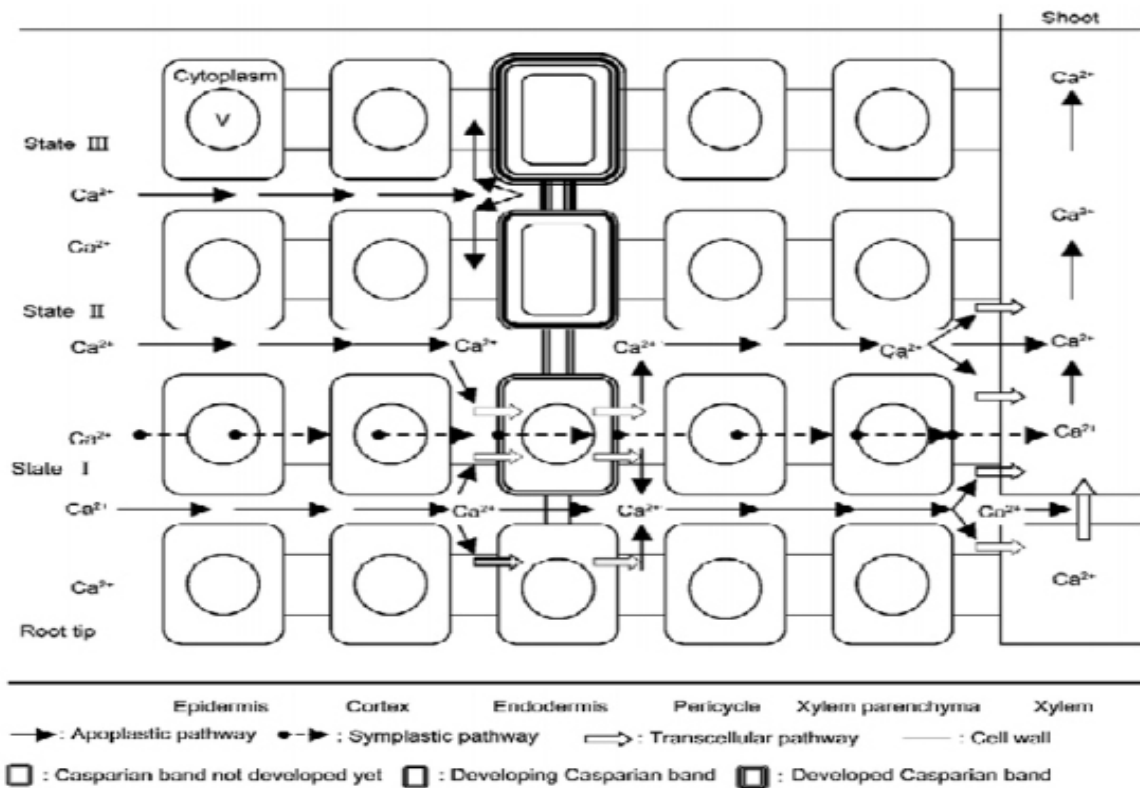
Keberadaan pita kaspari akan menghambat translokasi kalsium dari endodermis menuju *xylem* (Yang & Jie 2005). Keberadaan akar muda sangat penting karena kalsium terutama diserap oleh jaringan akar yang masih muda dan belum membentuk pita kaspari. Pada jaringan akar tua, pita kaspari telah menutupi keseluruhan bagian sel endodermis sehingga akan mengganggu serapan kalsium.

Pada jaringan akar muda, pita kaspari belum terbentuk sehingga kalsium dapat mudah melewati jaringan endodermis dan kemudian memasuki jaringan *xylem* secara apoplas (White & Broadley 2003, Drazeta *et al.* 2004), sedangkan Chiu (1980) dan Wiebel *et al.* (1994) menjelaskan bahwa serapan kalsium terjadi secara optimal di daerah perpanjangan akar-akar muda, yaitu di daerah di antara jaringan meristem dan diferensiasi akar.

Penurunan cemaran getah kuning pada tahun kedua diduga karena telah terbentuk biopori di daerah perakaran tanaman. Biopori tidak terbentuk seketika pada saat aplikasi teknologi LRB pada tahun pertama. Diperlukan waktu agar organisme makro dan mikro mendatangi lubang yang berisi bahan organik, berkembang biak dan membentuk biopori di daerah perakaran tanaman. Pada saat biopori telah terbentuk maka akan terjadi peningkatan kondisi aerasi yang baik. Dijelaskan oleh Marschner (1995) bahwa peningkatan aerasi di daerah perakaran akan meningkatkan serapan serta distribusi hara ke *xylem*. Kondisi ini akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan akar-akar baru tanpa pita kaspari. Peningkatan pertumbuhan dan perkembangan akar-akar muda akan meningkatkan serapan dan translokasi kalsium tersedia (baik bersumber dari kalsit maupun dolomit) oleh akar-akar muda ke jaringan *xylem*, kemudian kalsium akan segera ditranslokasikan ke jaringan buah sebagai *sink* yang kuat. Kalsium akan memperkuat saluran getah kuning, menurunkan persentase, dan skor cemaran getah kuning dan meningkatkan produksi buah manggis berkualitas bebas cemaran getah kuning.



Gambar 1. Keberadaan pita kaspari pada jaringan akar tanaman manggis. (a) penampang melintang akar manggis tua, (b) penampang melintang akar manggis muda, [1] perbesaran mikroskop 20x, [2] perbesaran mikroskop 40x, C=pita kaspari, X=jaringan xylem, P=jaringan *phloem* [*Pita existence kaspari in plant root tissues mangosteen . (A) a cross section of old mangosteen roots, (B) a cross section of young mangosteen roots, [1] the microscope magnification of 20x, [2] magnification of 40x microscope, C = pita kaspari, X = xylem network, P = network phloem*]



Gambar 2. Serapan dan transportasi jangka pendek kalsium melalui simplas dan apoplas pada jaringan akar tanaman menuju xylem (*Short-term uptake and transport of calcium through symplast and apoplast in plant root tissues towards the xylem*) (Sumber : Marschner 1995)

Tabel 5. Panjang akar pada tanaman dengan perlakuan tanpa dan dengan lubang resapan biopori (LRB) setelah 3 tahun sejak aplikasi (2011–2014) [Root length with and without absorption holes biopore technology after 3 years application (2011–2014)]

Perlakuan (Treatments)	Panjang akar berdasarkan luas tanah (Roots long based on soil surface area), m/m ²	Panjang akar berdasarkan volume tanah (Roots long based on soil volume), m/m ³
Tanpa LRB	7,56 b	61,47 b
LRB	33,44 a	117,33 a

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji T-Student 5 % (The number followed by the same letter in the column of yellow sap scores showed not significant difference at 0.05 level according to the T-Student test)

Selain aplikasi kalsium pada saat kondisi jaringan *xylem* dalam pedisel pada buah muda masih berfungsi baik, terdapat faktor lain yang memengaruhi peningkatan serapan dan translokasi kalsium ke jaringan buah, yaitu terbentuknya akar-akar baru pada saat antesis. Akar baru menjadi faktor penting dalam mekanisme serapan dan translokasi kalsium dari daerah perakaran menuju *xylem* (Hidayat 2002).

Dijelaskan oleh Himelrick (1981), Himelrick & McDuffie (1983), dan Marschner (1995) bahwa kalsium hanya dapat diserap oleh jaringan akar yang masih muda. Hal ini terutama karena jaringan endodermis pada akar muda masih belum terbentuk pita kaspari yang akan menutupi sel yang dapat menghambat translokasi kalsium menuju *xylem* (Gambar 2). Pita kaspari merupakan substansi yang menghalangi masuknya air dan berbagai zat lain di jaringan endodermis akar (Yang & Jie 2005).

Untuk mengoptimalkan serapan kalsium dapat dilakukan dengan penerapan teknologi LRB. Lubang resapan 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 kalsium oleh tanaman dan kemudian meningkatkan distribusi kalsium ke jaringan buah.

Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa pengaruh biopori baru terlihat pada tahun kedua percobaan. Penurunan cemaran getah kuning pada tahun kedua percobaan diduga karena telah terbentuk kondisi aerasi yang baik di daerah perakaran tanaman manggis. Diduga pori-pori alami yang telah terbentuk oleh penerapan teknologi LRB akan memberikan kondisi yang menguntungkan bagi tanaman, di antaranya yaitu terjadinya peningkatan kondisi aerasi di daerah perakaran tanaman manggis dan menyediakan ruang bagi pertumbuhan akar-akar muda untuk tumbuh dan memberikan kontak lebih luas dengan tanah.

Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa aplikasi LRB selama 3 tahun meningkatkan panjang akar yang lebih besar dibandingkan tanaman manggis tanpa

aplikasi LRB. Aplikasi LRB mampu meningkatkan panjang akar nampak mencapai 33,44 m/m² tanah, sedangkan tanpa aplikasi LRB memiliki panjang akar hanya 7,56 m/m². Demikian pula panjang akar berdasarkan satuan volume tanah, aplikasi LRB meningkatkan panjang akar tanaman manggis mencapai 117,33 m/m³ tanah, sedangkan tanpa aplikasi LRB memiliki panjang akar hanya 61,47 m/m³ (Tabel 5).

Aerasi yang baik di daerah perakaran tanaman akan meningkatkan serapan hara oleh akar (Marschner 1995). Kondisi aerasi yang baik akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar serta proses respirasi akar. Pergerakan dan translokasi kalsium menuju *xylem* di dalam kortek terjadi secara aktif dan pasif yaitu secara simplas dan apoplas (Rigney & Wills 1981, Song et al. 2014). Serapan kalsium secara aktif oleh sel-sel akar berkaitan dengan adanya kalsium-ATPase dan H⁺/kalsium -antiporter serta *Calcium channel* sehingga dibutuhkan energi dalam proses tersebut (Park et al. 2005). Energi yang dihasilkan dari proses respirasi akar akan dimanfaatkan dalam meningkatkan serapan dan translokasi kalsium secara aktif oleh sel-sel akar tanaman menuju jaringan *xylem* (Chiu 1980, Wiebel et al. 1994, White & Broadley 2003).

Berdasarkan hal tersebut ada dua hal yang dipengaruhi oleh aplikasi LRB terhadap peningkatan serapan kalsium oleh tanaman manggis. Pertama ialah dengan aplikasi LRB selama 3 tahun, diduga telah terbentuk kondisi aerasi yang baik di daerah perakaran manggis yang selanjutnya meningkatkan respirasi akar, dan mendorong pertumbuhan dan perkembangan akar-akar muda pada tanaman manggis yang lebih banyak. Kedua ialah adanya energi untuk menyerap kalsium secara aktif oleh akar manggis, hasil dari peningkatan respirasi akar.

Dengan demikian, maka aplikasi kalsium menjadi hal penting di dalam usaha menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis. Untuk meningkatkan efektivitas kalsium terhadap penurunan cemaran getah kuning, maka aplikasi kalsium dapat dilakukan berdasarkan sumber dan dosis, serta penerapan teknologi LRB.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian kalsium, baik bersumber dari dolomit maupun kalsit, mampu menurunkan cemaran getah kuning pada aril maupun kulit buah manggis. Berdasarkan efisiensi dan efektifitas, maka dosis pupuk kalsium sebesar 1,6 kg kalsium kalsit/pohon/tahun menjadi dosis yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan 3,2 kg kalsium dolomit dan 3,2 kg kalsium kalsit. Teknologi lubang resapan biopori meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar muda yang selanjutnya dapat meningkatkan serapan kalsium dan menurunkan cemaran getah kuning setelah dua tahun aplikasi. Kombinasi 1,6 kg kalsium kalsit / pohon/tahun dengan teknologi lubang resapan biopori (LRB) merupakan teknik yang efektif dan mampu meningkatkan persentase produksi buah manggis berkualitas bebas cemaran getah kuning.

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) dengan Judul “Pengembangan Teknologi Pengendalian Getah Kuning Buah Manggis” atas nama Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc. untuk tahun anggaran 2011 dan 2012 dan atas nama Dr. Ir. Darda Efendi, M.Sc. untuk tahun anggaran 2013. Program Hibah Kompetensi dengan Judul “Perbaikan Kualitas Buah Manggis dan Mangga sebagai Upaya Peningkatan Ekspor Buah Tropika Nusantara” atas nama Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc. 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

1. Chiu, TF 1980, 'Calcium-45 mobility in young apple trees grown under different nutrient-calcium condition', *J. Agric. Res. China*, vol. 29, no.31, pp.183-94
2. 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.
3. Drazeta, L, Lang, A, Hall, AJ, Volz, RK & Jameson, PE 2004, 'Causes and effect of changes in xylem functionality in apple fruit', *Ann.Bot.*, vol. 93, pp. 275-82.
4. Hidayat, R 2002, Kajian Ritme Pertumbuhan Tanaman Manggis (*Garcinia mangostana* L.) dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. [Disertasi], Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
5. Himelrick, DG 1981, 'Determination of total and ionic calcium in apple leaf and fruit tissues', *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, vol. 106, pp. 619-21.
6. Himelrick, DG & McDuffie, RF 1983, 'The calcium cycle: Uptake and distribution in apple trees', *HortScience*, vol. 18, no. 2, pp. 147-50.
7. 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', *Proceedings of the Second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants*, Chiang Mai, Thailand, 25-28 Agt 2003. Belgium, *Acta Horticulturae*, vol. 665, pp. 231-40.
8. Joyce, DC, Shorter, AJ & Hockings, PD 2001, 'Mango fruits calcium levels and the effect of post harvest calcium infiltration at different maturities', *Scientia Horticulturae*, vol. 91, pp. 81-99.
9. Kartika, JG 2004, 'Studi pertumbuhan buah, gejala getah kuning dan burik pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.)', Skripsi. Bogor, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian, Bogor.
10. Marschner 1995, Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition, Acad. Press. London.
11. Park, Sunghun, Cheng, NH, Pittman, JK, Yoo, KS, Park, J, Smith, RH & Hirschi, KD 2005, 'Increased calcium levels and prolonged shelf life in tomatoes expressing arabidopsis H⁺/Ca²⁺ transporters', *Plant Physiology*, vol. 139, pp. 1194-206.
12. 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).
13. Poerwanto, R, Dorly & Martias, M 2010, 'Getah kuning pada buah manggis dalam reorientasi riset untuk mengoptimalkan produksi dan rantai nilai hortikultura', Seminar Nasional Hortikultura, 25-26 Januari 2010. Perhimpunan Hortikultura Indonesia. Denpasar Bali, hlm. 255-60.
14. Purnama, T, Poerwanto, R & Efendi, D 2013, 'Aplikasi kalsium dan boron untuk pengendalian cemaran getah kuning pada buah manggis', *J. Hort.*, vol. 23, no. 4, hlm. 350-7.
15. Rigney, CJ & Wills, RBH 1981, 'Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening', *HortScience*, vol. 16, pp. 550-51.
16. 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.*, vol. 31, no. 4, pp. 730-32.
17. Stevens, G, Gladbach, T, Motavalli, P & Dunn, D 2005, 'Soil calcium: Magnesium ratios and lime recommendations for cotton', *The Journal of Cotton Science*, vol. 9, pp. 65-71.
18. Tennant 1975, 'A test of a modified line intersect method of estimating root length', *J. of Ecology*, vol. 63, no. 3, pp. 995-1001.
19. White, PJ & Broadley, MR 2003, 'Calcium in plant', *Annals of Botany*, vol. 92, pp. 487-511.
20. Wiebel, J, Chacko, EK, Downton, WJS & Ludders, P 1994, 'Influence of irradiance on photosynthesis, morphology, and growth of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings', *Tree Physiology*, vol. 14, pp. 263-74.
21. Yang, HQ & Jie, YL 2005, 'Uptake and transport of calcium in plants', *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, vol. 31, no. 3, pp. 227-34.