

Hubungan antara Ketersediaan Hara Tanah dengan Cemaran Getah Kuning pada Buah Manggis

Martias¹⁾, Poerwanto, R²⁾, Anwar, S³⁾, dan Hidayati, R⁴⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Jl. Raya Solok-Aripan Km. 8, Solok 27301

²⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, Kampus Dramaga, Bogor 16680

³⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Kampus Dramaga, Bogor 16680

⁴⁾ Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Kampus Dramaga, Bogor 16680
Naskah diterima tanggal 8 Maret 2012 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 22 Mei 2012

ABSTRAK. Cemaran getah kuning merupakan masalah utama yang menyebabkan rendahnya kualitas buah manggis untuk ekspor. Ketersediaan hara di dalam tanah diduga berpengaruh terhadap cemaran getah kuning. (Tambahkan informasi pada level konsentrasi hara Ca dan Mn yang bagaimana yang berpengaruh terhadap frekuensi/insidensi getah kuning pada manggis). Penelitian hubungan antara ketersediaan hara tanah dengan cemaran getah kuning pada buah manggis dilakukan di Desa Karacak, Barengkok, Garogek, dan Pusaka Mulia (Jawa Barat), Koto Lua, Baringin, Pakandangan, Padang Laweh, Lalan (Sumatera Barat), dan Sukarame (Lampung), dari bulan Desember 2009 sampai Juli 2011 (Perlu ditambahkan informasi yang jelas perbedaan lokasi yang dipilih apakah merepresentasikan adanya perbedaan yang mencolok kasus cemaran getah kuning manggis, sehingga pembaca bisa membaca alasan penentuan lokasi tersebut, mengingat cemaran getah kuning menjadi factor penting penelitian ini). Lokasi penelitian di tingkat desa ditentukan dari hasil wawancara menggunakan teknik *purposive sampling* dengan pedagang pengumpul di tingkat kecamatan dan desa. Pada setiap lokasi dari 10 sentra produksi yang terpilih, ditentukan 10 tanaman yang representatif untuk diamati, setiap tanaman diambil 100 buah sampel. Buah manggis yang diamati untuk seluruh lokasi mencapai 10.000 buah (1.000 buah untuk setiap lokasi). Sampel tanah diambil dari zona perakaran pada masing-masing pohon serta dianalisis sifat kimia dan ketersediaan hara tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cemaran getah kuning pada buah manggis secara langsung dikendalikan oleh ketersediaan Ca dan Mn dalam tanah. Ketersediaan K, P, Mg, Cu, Zn, dan B dalam tanah secara tidak langsung berpengaruh terhadap cemaran getah kuning (Mekanismenya bagaimana? Perlu dijelaskan). Kalsium berperan mengeliminasi, sedangkan Mn menginduksi cemaran getah kuning pada aril (daging buah) maupun kulit buah manggis. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan untuk mengendalikan cemaran getah kuning pada buah manggis.

Katakunci: Hara; Getah kuning; *Garcinia mangostana*

ABSTRACT. Martias, Poerwanto, R, Anwar, S, and Hidayati, R 2012. Relationship between Nutrient Availability of Soil with Yellow Sap Contamination on Mangosteen Fruits. Yellow sap contamination on mangosteen fruits is a major problem that causes poor quality on mangosteen fruits for export. Soil nutrients availability would be expected influence directly and indirectly in eliminating or inducing yellow sap contamination. Research relationship between nutrients availability with yellow sap contamination on mangosteen fruits was done in some mangosteen production center areas in the Village Karacak, Barengkok, Garogek, and Pusaka Mulia (West Java), Koto Lua, Baringin, Pakandangan, Padang Laweh, and Lalan (West Sumatera), and Sukarame (Lampung), from December 2009 to July 2011. Research sites at the village level were determined by interviewing traders at district and village levels using purposive sampling technique. At each location of 10 from center production that was selected, determined 10 plants representative to observe, each plant taken 100 fruits sample. Mangosteen fruits were observed for all sites reach 10 thousand pieces (1,000 pieces for each location). Soil samples were taken at the root zone of each tree and analyzed the chemical properties and soil nutrient availability. The results showed that the yellow sap contamination of mangosteen fruits was directly controlled by the availability of Ca and Mn in the soil. The availability of K, P, Mg, Cu, Zn, and B in the soil indirectly affected yellow sap contamination. Calcium played to eliminate and Mn contributed to induces yellow sap contamination, either aryl and the skin of mangosteen fruits. The results of this study can be used as the basis for the study contaminat control yellow sap of the mangosteen fruits.

Keywords: Nutrient; Yellow sap; *Garcinia mangostana*

Getah kuning yang mencemari daging buah manggis merupakan masalah utama penyebab rendahnya kualitas buah manggis. Cemaran getah kuning pada daging buah (aril) mengakibatkan rasa daging buah menjadi pahit, sedangkan pada kulit buah menyebabkan penampilan buah menjadi bernoda, kusam, dan kurang menarik. Buah manggis yang dicemari oleh getah kuning tidak dapat dijual. Hal inilah yang menyebabkan ekspor manggis menjadi sangat rendah.

Getah kuning pada hakikatnya terdapat pada berbagai organ manggis kecuali pada akar. Getah kuning menjadi masalah apabila keluar dari salurannya

yang pecah, mencemari daging, dan kulit buah. Saluran getah kuning yang pecah diduga berkaitan dengan pecahnya dinding sel epitel penyusun saluran getah kuning yang mengalami defisiensi Ca (Dorly 2009). Kalsium merupakan hara yang berperan penting dalam penyusunan struktur dinding sel sebagai Ca-pektat pada lamela tengah (Marschner 1995). Kalsium berkontribusi dalam mengatur stabilitas membran, dinding sel, integritas sel tanaman (Clarckson & Hanson 1980, Marschener 1995), dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik (Hirshi 2004). Hasil penelitian Dorly



(2009) menunjukkan bahwa pemberian Ca dalam bentuk CaCl_2 yang disemprotkan pada buah signifikan menurunkan skor getah kuning aril buah manggis, tetapi pemberian Ca melalui tanah dalam bentuk $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ hanya signifikan menurunkan skor getah kuning kulit buah. Defisiensi Ca^{2+} , dapat menyebabkan disintegrasi dinding sel dan matinya jaringan tanaman (Kirby & Pilbeam 1984).

Cemaran getah kuning juga diduga terjadi akibat kelebihan hara tertentu yang menyebabkan terganggunya proses fisiologis tanaman. Mangan merupakan salah satu hara yang diduga berkontribusi menginduksi cemaran getah kuning. Hara ini esensial bagi tanaman, tetapi bila tersedia berlebihan bersifat toksik (Marschner 1995, Mukhopadhyay & Sharman 1991). Toksisitas Mn umumnya terjadi di daerah tropis, di mana sebagian besar tanahnya mengalami pelapukan dan sangat masam (Hue *et al.* 2001). Mangan mudah diserap oleh akar tanaman, cepat ditransportasikan, dan terdistribusi ke berbagai organ, seperti dinding sel, vakuola, badan golgi, dan *endoplasmic reticulum* (Marschner 1995, Pittman 2005). Migocka & Klobus (2007) menyatakan bahwa keberadaan Mn dalam jumlah berlebih sangat beracun bagi sel tanaman. Mangan juga dapat menyebabkan perubahan metabolik dan kerusakan makro molekul yang mengganggu homeostasis sel (Hegedus *et al.* 2001, Polle 2001). Mekanisme toksisitas Mn pada tanaman kurang dikenal, tetapi toksisitasnya telah dikaitkan dengan hasil spesies oksigen reaktif (ROS) yang menyebabkan oksidasi biomolekul (Shi & Zhu 2008) dan mengganggu berbagai proses metabolisme (Lidon & Teixeira 2000, Hauck *et al.* 2003). Kelebihan Mn menginduksi stres oksidatif beberapa spesies tanaman dan mengubah aktivitas antioksidan dari enzim (Demirevska-Kepora *et al.* 2004, Boojar & Goodarzi 2008). Stres oksidatif merupakan salah satu penyebab kerusakan sel akibat toksisitas berbagai logam (Srivastava *et al.* 2005, Shi *et al.* 2006). Mangan diduga berkontribusi merusak dinding saluran getah kuning dan menginduksi cemaran getah kuning pada buah manggis.

Ketersediaan hara lain juga diduga berpengaruh terhadap cemaran getah kuning. Fosfor, K, Mg, Cu, dan Zn merupakan unsur hara yang dibutuhkan dalam proses fisiologis tanaman dan ketersediaannya dalam tanah memengaruhi ketersediaan Ca dan Mn. Interaksi Ca dan Mg dilaporkan memengaruhi kualitas buah tomat (Hao *et al.* 2003). Interaksi antara P dan B juga dilaporkan pada berbagai tanaman oleh beberapa

peneliti (Gunes & Alpaslan 2000, Kaya *et al.* 2009, Mouhtaridou *et al.* 2004, Sinha *et al.* 2003). Interaksi antar hara dalam tanah diduga juga berpengaruh langsung dan atau tidak langsung terhadap cemaran getah kuning pada buah manggis. Ketersediaan hara dan interaksi antar hara dalam kaitannya dengan cemaran getah kuning perlu dipelajari sebagai landasan pengendalian cemaran getah kuning buah manggis. Tujuan penelitian ialah (1) mengetahui hubungan langsung dan tidak langsung antara ketersediaan hara makro dan mikro dengan cemaran getah kuning buah manggis dan (2) mengetahui jenis hara yang berperan mengeliminasi dan menginduksi cemaran getah kuning pada buah manggis.

Hipotesis penelitian ialah satu atau beberapa hara yang tersedia di dalam tanah berpengaruh langsung atau tidak langsung terhadap cemaran getah kuning buah manggis.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan dari bulan Desember 2009 sampai Juli 2011 di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Pusat Kajian Buah Tropika, IPB, dan di 10 sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat, dan Lampung. Penentuan lokasi di lapangan pada tingkat provinsi dan kabupaten, didasarkan atas data luasan sentra produksi manggis di Indonesia (Direktorat Budidaya Tanaman Buah 2007). Desa yang terpilih sebagai lokasi penelitian ialah hasil wawancara menggunakan teknik *purposive sampling* dengan pedagang pengumpul di tingkat kecamatan. Tanaman yang dipilih ialah tanaman yang telah berproduksi, umur 30 tahun atau lebih, dan representatif untuk mewakili pertanaman manggis di tingkat kecamatan dalam hal potensi produksi dan kasus cemaran getah kuning pada sentra produksi tersebut.

Lokasi penelitian di Jawa Barat yaitu di Desa Karacak dan Barengkok (Kecamatan Leuwiliang) Kabupaten Bogor, Desa Garogek dan Pusaka Mulia (Kecamatan Kiara Pedes) Kabupaten Purwakarta. Lokasi penelitian di Sumatera Barat yaitu di Nagari Pakandangan (Kecamatan IV Lingsuang) Kabupaten Padang Pariaman, Nagari Koto Lua (Kecamatan Koto Tangah) dan Nagari Baringin (Kecamatan Lubuk Kilangan) Kotamadya Padang, Nagari Padang Laweh (Kecamatan Koto VII) dan Nagari Lalan (Kecamatan Lubuk Tarok) Kabupaten Sijunjung. Lokasi penelitian



Tabel 1. Jenis hara yang dianalisis serta metodenya (*Kind of nutrients analyzed with the methods*)

Komponen analisis (<i>Analysis component</i>)	Metode analisis (<i>Analysis methods*</i>)
N-total (%)	Kjeldahl
P-tersedia (mg/kg)	Bray I
Basa-basa dapat ditukar (cmol(+)/kg) K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Ekstrak NH ₄ OAC 1 M pH 7
Kapasitas tukar kation (cmol(+)/kg)	Ekstrak NH ₄ OAC 1 N pH 7
Al dan H dapat ditukar (cmol(+)/kg)	KCl 1N
Fe, Mn, Cu, dan Zn, tersedia (mg/kg)	DTPA
B tersedia (mg/kg)	Morgan Vanema

*) Sulaiman *et al.* (2005)

di Lampung yaitu di Desa Sukarame (Kecamatan Teluk Betung Barat) Kotamadya Lampung Barat.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi tanaman dan buah manggis, bahan kimia untuk analisis ketersediaan hara tanah, dan bahan penunjang di lapangan dan laboratorium. Peralatan yang digunakan antara lain bor tanah, jangka sorong, pH meter, refraktometer, timbangan, dan AAS.

Prosedur Kerja

Sampel tanah diambil pada empat arah mata angin di bawah tajuk tanaman secara komposit, dengan kedalaman 0–30 cm. Sampel tanah setelah dikeringanginkan dianalisis untuk menentukan ketersediaan hara makro dan mikro tanah dengan metode analisis seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tanaman yang diamati di setiap lokasi ialah 10 tanaman dan setiap tanaman diambil sebanyak 100 sampel buah atau 1.000 buah untuk setiap lokasi, sehingga jumlah buah yang diamati mencapai 10.000 buah untuk semua lokasi. Pengambilan sampel buah dilakukan secara acak pada pertengahan tajuk di empat arah mata angin. Parameter cemaran getah kuning buah yang diamati meliputi persentase buah bergetah kuning pada aril (PBGKA), persentase juring bergetah kuning (PJGK), dan persentase kulit buah bergetah kuning (PBK GK). Persentase buah bergetah kuning pada aril, PJGK, dan PBK GK dihitung berdasarkan:

$$PBGKA = \frac{\text{Jumlah buah arilnya tercemar getah kuning}}{\text{Jumlah buah yang diamati}} \times 100 \%$$

$$PJGK = \frac{\text{Jumlah juring tercemar getah kuning}}{\text{Jumlah juring yang diamati}} \times 100 \%$$

$$PBK GK = \frac{\text{Jumlah buah kulitnya tercemar getah kuning}}{\text{Jumlah buah yang diamati}} \times 100 \%$$

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui hubungan ketersediaan hara tanah dengan parameter cemaran getah kuning. Pengaruh langsung dan tidak langsung ketersediaan hara tanah dengan parameter cemaran getah kuning ditentukan dengan *path analysis* (analisis jalur) (Kusnendi 2008). Hubungan antara variabel ketersediaan hara tanah dan variabel cemaran getah kuning disajikan dalam bentuk diagram jalur (*path diagram*). Persamaan struktural antarvariabel ialah:

$$Y_1 = \beta_{11} X_1 + \beta_{12} X_2 + \dots + \beta_{1n} X_n + e_1$$

$$Y_2 = \beta_{21} X_1 + \beta_{22} X_2 + \dots + \beta_{2n} X_n + e_2$$

$$Y_3 = \beta_{31} X_1 + \beta_{32} X_2 + \dots + \beta_{3n} X_n + e_3$$

$$Y_n = \beta_{n1} X_1 + \beta_{n2} X_2 + \dots + \beta_{nn} X_n + e_n$$

Validitas model struktural yang diperoleh dari hubungan antarvariabel ditentukan oleh nilai *P*, *root means square error of approximation* (RMSEA), dan *comparative fit index* (CFI). Model struktural valid dan hubungan antarvariabel sampel yang digunakan representatif untuk menyatakan hubungan variabel dalam suatu populasi, apabila nilai $P \geq 0,05$, RMSEA < 0,08, dan CFI > 0,90.

Variabel hara yang disajikan ialah variabel hara yang berpengaruh nyata secara langsung dan tidak langsung terhadap variabel cemaran getah kuning buah manggis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

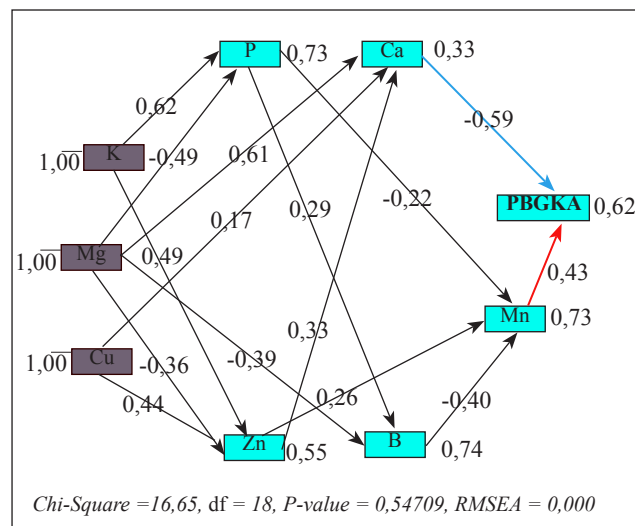
Hubungan antara Ketersediaan Hara Tanah dengan Persentase Buah Bergetah Kuning pada Aril (PBGKA)

Hasil analisis jalur menunjukkan bahwa PBGKA secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan Ca dan Mn dalam tanah, dengan koefisien jalur berturut-



turut sebesar -0,59 dan 0,43. Hara lainnya, yaitu P, K, Mg, Cu, Zn, dan B berpengaruh secara tidak langsung terhadap PBGKA, melalui ketersediaan Ca dan Mn dalam tanah (Gambar 1). Ketersediaan hara dan interaksi antar-hara memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap PBGKA, seperti ditunjukkan oleh bervariasinya koefisien jalur total dari masing-masing hara tersebut (Tabel 2).

Kalsium dan Mn merupakan hara yang berpengaruh paling dominan terhadap PBGKA, ditunjukkan oleh koefisien jalur yang tertinggi dibandingkan hara lainnya. Persamaan struktural dari hubungan Ca dan Mn terhadap persentase buah bergetah kuning pada aril yaitu $PBGKA = -0,59*Ca + 0,43*Mn$, $R^2 = 0,42$. Persamaan struktural ini bermakna bahwa PBGKA mengalami penurunan dengan meningkatnya ketersediaan Ca dalam tanah atau sebaliknya, dan meningkat atau menurun sejalan dengan ketersediaan Mn tanah. Persentase buah arilnya bergetah kuning erat kaitannya dengan ketersediaan Ca tanah ($r = -0,46$; $P=0,00$). Cemaran getah kuning disebabkan oleh bocornya dinding sel saluran getah kuning yang diduga disebabkan oleh defisiensi Ca pada sel-sel epitel saluran getah kuning (Dorly 2008). Kalsium merupakan hara yang berperan penting dalam menyusun struktur dinding sel sebagai Ca-pektat dalam lamela tengah (Marschner 1995). Kalsium terlibat di dalam konstruksi dinding sel dan merupakan komponen utama yang berperan untuk memperkuat



Gambar 1. Hubungan ketersediaan hara tanah dengan persentase buah bergetah kuning pada aril (PBGKA) (Relationship between soil nutrient available with the percentage of fruit gummy aryl)

jaringan tumbuhan (Shear 1975, Huang *et al.* 2005). Tanah atau media yang mengalami defisiensi Ca^{2+} dapat menyebabkan disintegrasi dinding sel dan matinya jaringan tanaman (Kirby & Pilbeam 1984).

Mangan memberi kontribusi yang kontradiktif dengan Ca, yaitu ketersediaan Mn tanah yang meningkat menyebabkan peningkatan PBGKA. Mangan merupakan hara esensial, tetapi apabila berlebih bersifat toksik bagi tanaman (Marschner 1995, Mukhopadhyay & Sharma 1991). Mangan mudah diserap oleh akar tanaman, cepat ditransportasikan, dan terdistribusi ke berbagai organ, seperti dinding sel, vakuola, badan golgi, dan *endoplasmic reticulum* (Marschner 1995, Pittman 2005). Migocka & Klobus (2007) menyatakan bahwa ketersediaan Mn dalam jumlah berlebih sangat beracun bagi sel tanaman. Toksisitas Mn menyebabkan stres oksidatif (Ducic & Polle 2005), diduga juga mengakibatkan rusaknya sel-sel saluran getah kuning pada buah manggis.

Fosfor, K, Mg, Cu, Zn, dan B berpengaruh secara tidak langsung terhadap PBGKA melalui Ca dan Mn, dengan koefisien jalur total yang negatif (Tabel 1). Koefisien jalur total yang negatif P, K, Mg, Cu, Zn, dan B menunjukkan bahwa unsur hara ini berkontribusi dalam penurunan prevalensi PBGKA. Di antara hara yang berkontribusi secara tidak langsung, Mg merupakan hara yang pengaruhnya paling besar terhadap PBGKA. Kontribusi Mg tertinggi secara tidak langsung diperoleh apabila ketersediaan Mg berinteraksi dengan Ca, dengan koefisien jalur mencapai -0,36. Boron, Cu, dan K juga merupakan hara yang berkontribusi secara tidak langsung mengeliminasi PBGKA dengan koefisien jalur total berturut-turut tertinggi setelah Mg. Hal ini mengindikasikan bahwa B, Cu, dan K merupakan hara yang berperan secara tidak langsung di samping Mg dalam menurunkan prevalensi PBGKA. Seng berpengaruh meningkatkan dua hara (Ca dan Mn) yang menurunkan prevalensi PBGKA, sehingga kontribusi pengaruh Zn secara kumulatif menjadi sangat rendah terhadap PBGKA.

Hubungan Ketersediaan Hara Tanah dengan Persentase Juring Bergetah Kuning (PJGK)

Ketersediaan Ca dan Mn dalam tanah berpengaruh langsung terhadap PJGK, dengan persamaan struktural $PJGK = -0,64*Ca + 0,21*Mn$, $R^2 = 0,38$. Persamaan struktural ini memberikan makna bahwa PJGK akan menurun pada ketersediaan Ca tanah yang meningkat dan akan meningkat atau menurun sejalan dengan



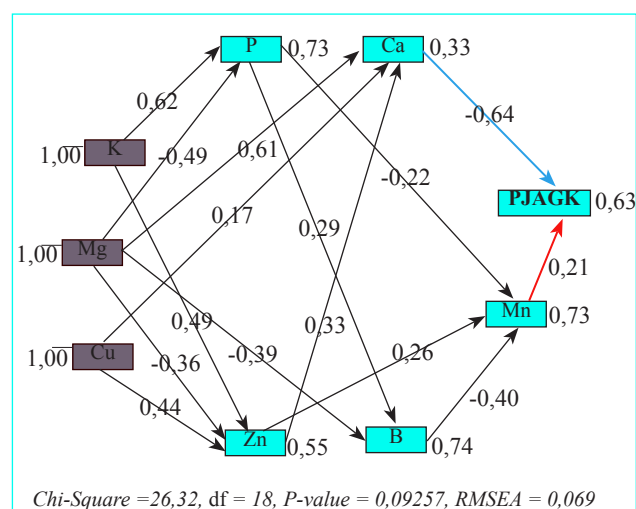
Tabel 2. Koefisien jalur hubungan ketersediaan hara tanah dengan persentase buah bergetah kuning pada aril (PBGKA) (*Path coefficients of the relationship between soil nutrient availability with the percentage of fruit gummy aryl*)

Jenis hara (Nutrient type)	Pengaruh (Effect)		Total (Total)
	Langsung (Direct)	Tidak langsung (Indirect)	
Ca	-0,59		-0,59
Mn	0,43		0,43
B		-0,17	-0,17
P		-0,14	-0,14
K		-0,13	-0,13
Mg		-0,26	-0,26
Cu		-0,14	-0,14
Zn		-0,08	-0,08

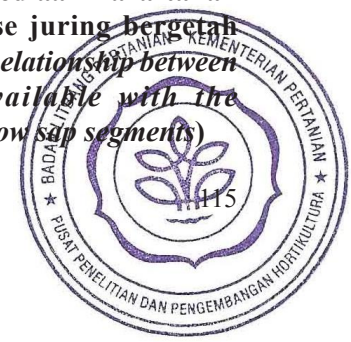
ketersediaan Mn dalam tanah. Hal ini memperkuat bukti bahwa cemaran getah kuning berkaitan erat dengan defisiensi Ca dan kelebihan ketersediaan Mn dalam tanah, seperti halnya juga terlihat pada parameter PJGK. Persentase juring bergetah kuning secara tidak langsung dipengaruhi oleh ketersediaan P, K, Mg, Cu, Zn, dan B melalui ketersediaan Ca dan Mn tanah (Gambar 3). Hara P, K, Mg, Cu, Zn, dan B juga berkontribusi secara tidak langsung melalui Ca dan Mn dalam mengeliminasi PJGK, seperti ditunjukkan oleh koefisien jalur total yang negatif dari masing-masing hara tersebut (Tabel 3).

Persentase juring bergetah kuning menunjukkan tingkat keparahan dari cemaran getah kuning pada aril. Koefisien jalur yang tinggi dari Ca terhadap PJGK mengindikasikan bahwa tingkat cemaran getah kuning yang tinggi pada aril erat kaitannya dengan defisiensi Ca dalam tanah. Keterkaitan ketersediaan Ca dengan PJGK juga didukung oleh nilai korelasi yang sangat nyata, yaitu $r = -0,57$, $P = 0,00$. Hasil ini dapat dijadikan landasan bahwa untuk menurunkan cemaran getah kuning pada aril dapat dilakukan melalui peningkatan ketersediaan Ca dalam tanah. Kalsium berkontribusi dalam pembentukan struktur dan fungsi membran sel (Clarkson & Hanson 1980). Menurut (Hirshi 2004), peningkatan level Ca^{2+} dalam tanah dapat meningkatkan stabilitas membran sel. Namun data lain menunjukkan bahwa pemberian Ca dengan dolomit melalui tanah sebagai upaya meningkatkan ketersediaan Ca dalam tanah tidak signifikan menurunkan cemaran getah kuning pada aril buah manggis (Dorly 2009).

Ketersediaan Mn secara langsung berkontribusi meningkatkan PJGK meskipun relatif rendah dibandingkan kontribusi Ca. Peningkatan PJGK oleh ketersediaan Mn dalam tanah menunjukkan bahwa hara tersebut melebihi kebutuhan manggis, sehingga bersifat toksik dalam jaringan tanaman. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa konsentrasi Mn yang tinggi dapat bersifat toksik pada jaringan tanaman dan mengubah berbagai proses, seperti aktivitas enzim, penyerapan, translokasi, serta pemanfaatan elemen mineral lainnya (Ca, Mg, Fe, dan P). Toksisitas Mn juga menyebabkan stres oksidatif (Ducic & Polle 2005, Lei et al., 2007). Migocka & Klobus (2007) menyatakan bahwa keberadaan Mn dalam jumlah berlebih sangat beracun bagi sel tanaman. Mangan dalam konsentrasi berlebih menyebabkan perubahan metabolik dan kerusakan makro molekul yang mengganggu homeostasis sel (Hegedus et al. 2001, Polle 2001). Gejala lain dari toksisitas Mn disebabkan oleh hasil reaktif jenis oksigen pada dinding sel. Konsentrasi Mn^{2+} rendah harus dipertahankan dalam kompartemen metabolik yang dapat dicapai melalui penyerapan dalam vakuola dan atau dinding sel (Marschener 1995, Pittman 2005). Kelebihan Mn diduga mengubah proses-proses biologis pada jaringan manggis dan menyebabkan rusaknya sel saluran getah kuning pada buah, sehingga meningkatkan cemaran getah kuning. Toksisitas Mn dari beberapa hasil penelitian dapat dieliminasi dengan pemberian hara lain dalam jumlah yang tinggi, seperti Ca (Hue et al. 2001), Mg (Elamin & Wilcox 1986), dan Si (Horst & Marschener 1978). Hue et al. (2011) menyimpulkan bahwa kombinasi gipsum



Gambar 2. Hubungan ketersediaan hara tanah dengan persentase juring bergetah kuning (PJGK) (*Relationship between soil nutrient available with the percentage of yellow sap segments*)



Tabel 3. Koefisien jalur dari hubungan ketersediaan hara tanah dengan persentase juring bergetah kuning (PJGK) (Path coefficients of the relationship of soil nutrient availability with the percentage of the yellow sap segments)

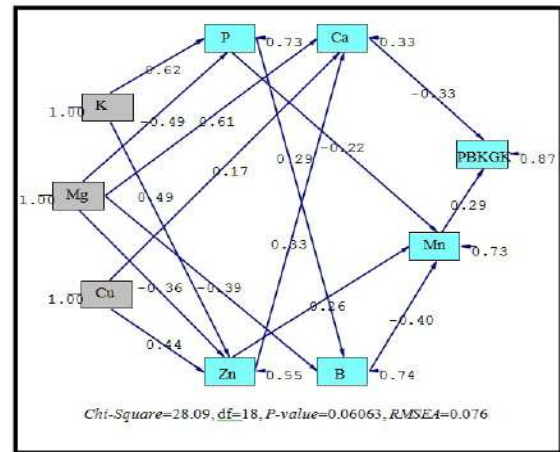
Jenis hara (Type nutrients)	Pengaruh (Effect)		Total (Total)
	Langsung (Direct)	Tidak langsung (Indirect)	
Ca	-0,64		-0,64
Mn	0,21		0,21
B		-0,08	-0,08
P		-0,07	-0,07
K		-0,18	-0,18
Mg		-0,19	-0,19
Cu		-0,18	-0,18
Zn		-0,16	-0,16

dan kapur lebih efektif dalam mengoreksi toksik Mn daripada amendemen lain secara sendiri. Dari hasil penelitian Martias (2002) juga menunjukkan bahwa ketersediaan Mn pada tanah Ultisol menurun dengan pemberian CaCO_3 .

Keterkaitan Ca dan Mn dalam mengendalikan cemaran getah kuning, tidak terlepas dari ketersediaan hara lain (Mn, P, K, Mg, Cu, Zn, dan B) di dalam tanah (Gambar 1, 2, 3). Fosfor, K, Mg, Cu, Zn, dan B berkontribusi secara tidak langsung melalui ketersediaan Ca dan Mn dalam menurunkan PJGK, seperti halnya juga terjadi pada PBGKA. Hal ini mengindikasikan bahwa PJGK di samping dikendalikan oleh ketersediaan Ca dan Mn tanah secara langsung, juga dipengaruhi secara tidak langsung oleh ketersediaan P, K, Mg, Cu, Zn, dan B dalam tanah. Dari enam hara yang berkontribusi secara tidak langsung terhadap PJGK, Mg merupakan hara yang berkontribusi paling besar mengeliminasi PJGK, seperti diindikasikan oleh koefisien jalur tertinggi di antara hara lainnya (Tabel 3). Kontribusi Mg tertinggi diperoleh apabila Mg berperan meningkatkan ketersediaan Ca dalam tanah. Magnesium juga paling dominan memengaruhi ketersediaan hara lainnya (P, B, dan Zn), dan berimplikasi terhadap kontribusi Mg dalam mengeliminasi PJGK.

Hubungan Ketersediaan Hara Tanah dengan Persentase Buah Kulit Bergetah Kuning (PBK GK)

Persentase buah kulit bergetah kuning secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan Ca dan Mn,



Gambar 3. Hubungan ketersediaan hara tanah dengan persentase buah kulit bergetah kuning (PBK GK) (Relationship of soil nutrient available to the percentage of fruit gummy skin)

dengan koefisien jalur berturut-turut -0,33 dan -0,29 (Gambar 3). Persamaan struktural dari hubungan hara Ca dan Mn terhadap PBK GK yaitu $\text{PBK GK} = -0,33 \cdot \text{Ca} + 0,29 \cdot \text{Mn}$, $R^2 = 0,15$, berarti PBK GK mengalami penurunan dengan meningkatnya Ca dan meningkat jika ketersediaan Mn bertambah. Hal ini mengindikasikan bahwa buah manggis yang kulitnya dicemari getah kuning, tanah lokasi tumbuhnya mengalami defisiensi Ca dan kelebihan Mn. Kalsium tidak hanya berperan penting menurunkan PBGKA dan PJGK, tetapi juga diperlukan untuk menurunkan cemaran getah kuning kulit buah manggis. Dorly (2008) juga melaporkan bahwa pemberian Ca dalam bentuk dolomit signifikan menurunkan cemaran getah kuning pada kulit buah manggis. Lin (2001) melaporkan bahwa Ca terlibat dalam meningkatkan ketahanan pecah buah leci. Perikarp buah yang pecah mengandung Ca yang lebih rendah daripada buah yang tidak pecah pada kultivar yang sama. Pasokan kalsium yang rendah menyebabkan retak buah tomat meningkat (Simon 1978).

Ketersediaan hara Mn juga memberi kontribusi dalam meningkatkan PBK GK, seperti halnya juga terjadi dalam meningkatkan PBGKA dan PJGK. Ketersediaan Mn berkontribusi dalam menginduksi cemaran getah kuning pada aril maupun kulit buah manggis. Mangan merupakan salah satu hara dengan ketersediaan yang sangat tinggi pada tanah-tanah masam, terutama di daerah tropik (Pendias & Pendias 1992). Jumlah Mn yang dapat ditukar, terutama dalam bentuk Mn^{2+} di dalam larutan tanah meningkat dengan



Tabel 4. Koefisien jalur dari pengaruh ketersediaan hara tanah dengan persentase buah kulit bergetah kuning (PBK GK) (*Path coefficients of the relationship of soil nutrient availability to the percentage of fruit gummy skin*)

Jenis hara (Nutrient type)	Pengaruh (Effect)		Total (Total)
	Langsung (Direct)	Tidak langsung (Indirect)	
Ca	-0,33		-0,33
Mn	0,29		0,29
B		-0,12	-0,12
P		-0,10	-0,10
K		-0,04	-0,04
Mg		-0,14	-0,14
Cu		-0,07	-0,07
Zn		-0,03	-0,03

penurunan pH (Millaleo *et al.* 2010). Ketersediaan Mn yang tinggi pada tanah masam atau kondisi aerobik dapat menyebabkan ketidakseimbangan hara bagi tanaman, terutama dalam kaitannya dengan kation divalen lain, seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Marschener 1995). Stres oksidatif merupakan salah satu penyebab kerusakan sel yang diakibatkan oleh toksisitas logam (Shi *et al.* 2006).

Fosfor, K, Mg, Cu, Zn, dan B juga berpengaruh secara tidak langsung terhadap PBK GK melalui ketersediaan Ca dan Mn, dengan koefisien jalur yang negatif (Tabel 4). Kontribusi P, K, Mg, Cu, Zn, dan B terhadap PBK GK sejalan dengan pengaruh hara tersebut secara tidak langsung terhadap PBGKA dan PJGK. Hal ini menunjukkan bahwa cemaran getah kuning, seperti yang ditunjukkan oleh parameter PBGKA, PJGK, PBKG, di samping dikendalikan secara langsung oleh ketersediaan hara Ca dan Mn juga dipengaruhi oleh ketersediaan P, K, Mg, Cu, Zn, dan B secara tidak langsung.

KESIMPULAN

1. Cemaran getah kuning pada buah manggis, yang ditunjukkan oleh parameter persentase buah bergetah kuning pada aril (PBGKA), persentase juring bergetah kuning (PJGK), dan persentase buah kulit bergetah kuning (PBK GK) secara langsung dikendalikan oleh ketersediaan Ca dan Mn dalam tanah. Cemaran getah kuning juga dipengaruhi oleh ketersediaan hara K, P, Mg, Cu, Zn, dan B secara tidak langsung.

2. Kalsium tanah berperan menekan cemaran getah kuning, sedangkan Mn berkontribusi meningkatkan cemaran getah kuning.
3. Hara P, K, Mg, Cu, Zn, dan B ialah hara yang berkontribusi secara tidak langsung melalui ketersediaan Ca dan Mn tanah dalam menekan cemaran getah kuning buah manggis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Petanian yang telah membantu dalam mendanai penelitian ini melalui Program Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T) dan Pusat Kajian Buah Tropika (PKBT) IPB yang telah memperkenankan penulis memanfaatkan fasilitas laboratorium selama penelitian. Terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Drs. M. Jawal A.S., MS atas berbagai sarannya dalam pelaksanaan penelitian.

PUSTAKA

1. Boojar, MMA & Goodarzi, F 2008, 'The copper tolerance strategies and the role of antioxidative enzymes in three plant species grown on copper mine', *Chemosphere*, vol. 67, pp. 2138-47.
2. Clarkson, DT & Hanson, JB 1980, 'The mineral nutrition of higher plants', *Annu. Rev. Plant Physiol.*, vol. 31, pp 239-98.
3. Demirevska-Kepova, K, Simova-Stoilova, L, Stoyanova, Z, Holzer, R & Feller, U 2004, 'Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 52, pp. 253-66.
4. Direktorat Budidaya Tanaman Buah 2007, *Vademekum manggis*, Direktorat Jenderal Hortikultura, Jakarta.
5. Dorly, S, Tjitrosemito, Poerwanto, R & Juliarni 2008, 'Secretory duct structure and phytochemistry compounds of yellow latex in mangosteen fruit', *Hayati J. BioScience*, vol. 15, pp. 99-104.
6. Dorly, S 2009, 'Studi struktur sekretori getah kuning dan pengaruh kalsium terhadap cemaran getah kuning pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.)', Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
7. Ducic, T & Polle, A 2005, 'Transport and detoxification of manganese and copper in plants', *Braz. J. Plant Physiol.*, vol. 17, pp. 103-12.
8. Elamin, OM, & Wileox, GE 1986, 'Effect of magnesium and manganese nutrition on watermelon growth and manganese toxicity', *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, no. 111, pp. 588-93.
9. Gonzalez, A & Lynch, J 1999, 'Subcellular and tissue Mn compartmentation in bean leaf under Mn toxicity stress', *Aust. J. Plant Physiol.*, vol. 26, pp. 811-22.
10. Gunes, A & Alpaslan, M 2000, 'Boron uptake and toxicity in maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply', *J. Plant Nutr.*, vol. 23, pp. 541-50.



11. Hao, Xiuming, Athanasios, P & Papadopoulos 2003, 'Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool', *Can. J. Plant Sci.*, vol. 83, pp. 903-12.
12. Hauck, M, Paul A, Gross, S & Raubuch, M 2003, 'Manganese toxicity in epiphytic lichens: chlorophyll degradation and interaction with iron and phosphorus', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 49, pp. 181-91.
13. Hegedus, A, Erdei, S & Horvath, G 2001, 'Comparative studies of H₂O₂ detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress', *Plant Sci.*, vol. 160, pp. 1085-93.
14. Hirschi, KD 2004, 'The calcium conundrum: Both versatile nutrient and specific signal', *Plant Physiol.*, vol. 136, pp. 2438-42.
15. Huang, X, Wang, HC, Li, J, Yuan, W, Lu, J & Huang, HB 2005, 'An overview of calcium's role in lychee fruit cracking', *Acta Hort.*, vol. 66, no. 5, pp. 231-40.
16. Hue, NV, Vega, S & Silva, JA 2001, 'Manganese toxicity in a hawaiian oxisol affected by soil pH and organic amendments', *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, vol. 65, pp. 153-60.
17. Horst, WJ & Marschner, H 1978, 'Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris*)', *Plant Soil*, vol. 50, pp. 287-03.
18. Kaya, C, Tuna, L, Dikilitas, M, Ashraf, M, Koskeroglu, S & Guneri, M 2009, 'Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato', *Scientia Horticulturae*, vol. 121, pp. 284-88.
19. Kirby, EA & Pilbeam, DJ 1984, 'Calcium as a plant nutrient', *Plant Cell Environ.*, vol. 7, pp. 397-05.
20. Kusnendi 2008, *Model-model persamaan struktural, satu dan multigroup sampel dengan lisrel*, Penerbit Alfabeta, Bandung.
21. Li, JG & Huang, HB 1995, 'Physico-chemical properties and peel morphology in relation to fruit-cracking susceptibility in litchi fruit', *J. South China Agric. Univ.*, vol. 16, pp. 84-9.
22. Lin, LW 2001, 'Effect of mineral nutrient on fruit cracking rate of *Litchi chinensis* Sonn', *Soil Environ. Sci.*, vol. 10, pp. 55-6.
23. Lie, Y, Korpelainen, H & Li, C 2007, 'Physiological and biochemical responses to high Mn concentration in two contrasting *Populus cathayana* populations', *Chemosphere*, no. 68, pp. 686-94.
24. Lidon, FC & Teixeira, MG 2000, 'Oxygen radical production and control in the chloroplast of Mn-treated rice', *Plant Sci.*, vol. 152, pp. 7-15.
25. Marschner, H 1995, *Mineral nutrition of higher plants*, second edition, Academic Press.
26. Martias 2002, 'Ketersediaan Mn, Zn, dan serapannya oleh bibit jeruk JC (*Citrus limonea* osbeck) pada Ultisol yang diberi CaCO₃ dan pupuk P', Tesis, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
27. Migocka M, Klobus G 2007, 'The properties of the Mn, Ni and Pb transport operating at plasma membranes of cucumber roots', *Physiol. Plant*, vol. 129, pp. 578-87.
28. Millaleo, R, Reyes-Díaz, M, Ivanov, AG, Mora, M L & Alberdi, M 2010, 'Manganese as essential and toxic element for plant: transport, accumulation, and resistance mechanism', *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 10, no. 4, pp. 476-94.
29. Mouhtaridou, GN, Sotiropoulos, TE, Dimassi, KN & Therios, IN 2004, 'Effects of boron on growth, and chlorophyll and mineral contents of shoots of the apple rootstock mm 106 cultured *in vitro*', *Biologia Plant*, vol. 48, pp. 617-19.
30. Mukhopadhyay, MJ & Sharma, A 1991, 'Manganese in cell metabolism of higher plants', *Bot. Rev.*, vol. 57, pp. 117-49.
31. Pendias, K & Pendias, H 1992, *Trace elements in soils and plants*, CRR Press, USA.
32. Pittman, JK 2005, 'Managing the manganese: molecular mechanisms of manganese transport and homeostasis', *New Phytol.*, vol. 167, pp. 733-42.
33. Polle, A 2001, 'Dissecting the superoxide dismutase-ascorbate-glutathione-pathway in chloroplasts by metabolic modeling. Computer simulations as a step towards flux analysis', *Plant Physiol.*, vol. 126, pp. 445-62.
34. Shear, CB 1975, 'Calcium-related disorders of fruits and vegetables', *HortSci.*, vol. 10, pp. 361-65.
35. Shi, Q, Zhu, Z, Xu, M, Qian, Q & Yu, J 2006, 'Effect of excess manganese on the antioxidant system in *Cucumis sativus* L, under two light intensities', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 58, pp. 197-05.
36. Shi, Q & Zhu, Z 2008, 'Effect of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 63, pp. 317-26.
37. Simon, EW 1978, 'The symptoms of calcium deficiency in plants', *New Phytol.*, vol. 80, pp. 1-15.
38. Sinha, P, Dube, B K, & Chatterjee, C 2003, 'Phosphorus stress alters boron metabolism of mustard. Commun', *Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 34, pp. 315-26.
39. Srivastava, M, Ma, LQ, Singh, N & Singh, S 2005, 'Antioxidant responses of hyper-accumulator and sensitive fern species to arsenic', *J. Exp. Bot.*, vol. 56, pp. 1335-42.
40. Sulaiman, Suparto, & Eriati 2005, *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*, Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.

