ISBN 978-602-8853-14-9

PROSIDING
SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2011

PENGARUH LINGKUNGAN (SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH SERTA IKLIM) TERHADAP CEMARAN GETAH KUNING BUAH MANGGIS (*Garcinia mangostana* L.)

Effects of the Environments (Physical dan Chemical Properties of the Soil, dan the Climate) on Gamboge of Mangosteen Fruits

Roedhy Poerwanto[1)], Martias[2)], Syaiful Anwar[3)], M. Jawal A. Syah[2)]

[1)]Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB,

[2)]Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementan

[3)]Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

ABSTRAK

Getah kuning pada daging buah manggis merupakan masalah utama dalam ekspor manggis. Getah kuning sebenarnya adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ manggis, kecuali pada akar. Getah kuning menjadi persoalan manakala getah ini keluar dari salurannya yang pecah dan mengotori aril (daging buah) atau kulit buah manggis. Saluran getah kuning yang pecah berkaitan dengan pecahnya dinding sel epitel penyusun saluran getah kuning diduga kuat dipengaruhi oleh ketersediaan hara, terutama Ca dan B, dan keseimbangan antar hara di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara komprehensif peranan unsur hara dalam tanah dan kulit manggis dalam mengendalikan cemaran getah kuning pada buah manggis. Hasil penelitian menunjukan bahwa ketersediaan Ca dan B di tanah dan akumulasi kedua hara tersebut di jaringan endokarp berperan langsung menurunkan cemaran getah kuning, sedangkan hara Mn berperan sebaliknya. Keterkaitan ketersediaan hara di tanah dan akumulasinya di jaringan endokarp mendukung bukti bahwa tiga jenis hara, yaitu Ca, B, dan Mn adalah kunci utama dalam mengendalikan cemaran getah kuning.

Kata kunci: Kalsium, boron, mangan, sel epitel, endokarp.

ABSTRACT

Yellow sap (gamboge) on mangosteen fruit aryl is a major problem in the export of mangosteen. Yellow sap sap is actually produced naturally in every organ of mangosteen, except at the root. Yellow sap become a problems when the sap is speel out of the broken channel dan gum up the aryl (meat pieces) or the skin of the mangosteen fruit. Broken of the yellow sap channel is hyphotized to be associated with the availability of nutrients, especially Ca dan B, dan the balance between nutrients in the soil. This study aims to determine comprehensively the role of nutrients in the soil dan the peel (pericarp) of the mangosteen fruit in controlling the gamboge of the mangosteen fruit. The results showed that the availability of Ca dan B in soil dan nutrient accumulation in the tissues both contribute directly reduce gamboge, whereas the opposite role of nutrient Mn. Linking nutrient availability in soil dan its accumulation in endocarp tissues supporting evidence that the three nutrients, namely Ca, B, dan Mn is the main key in controlling gamboge in mangosteen fruits.

Keywords: Calcium, boron, manganese, ephylelium cells, endocarp.

PENDAHULUAN

Getah kuning pada daging buah manggis merupakan masalah utama dalam ekspor manggis. Adanya cemaran getah kuning pada daging buah manggis menyebabkan daging buah menjadi pahit dan tidak bisa dikonsumsi. Getah kuning sebenarnya adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ manggis, kecuali pada akar. Getah kuning menjadi persoalan manakala getah ini keluar dari salurannya yang pecah dan mengotori aril (daging buah) atau kulit buah manggis. Dari penelitian kami sebelumnya telah dipelajari anatomi saluran getah kuning beserta proses pembentukan saluran serta kemungkinan mekanisme pecahnya saluran getah (Dorly *et al.*, 2008, Poerwanto *et al.*, 2010).

Saluran getah kuning yang pecah berkaitan dengan pecahnya dinding sel dan diduga kuat dipengaruhi oleh ketersediaan hara, terutama Ca dan B, keseimbangan antar hara di dalam tanah, sifat fisika tanah, serta sinergi antara sifat kimia dan fisika tanah (Poerwanto *et al.*, 2010). Kalsium (Ca^{2+}) berperan penting mengatur stabilitas membran sel, dinding sel, integritas sel tanaman, dan cekaman biotik dan abiotik (Hirschi, 2004). Defisiensi Ca^{2+}, dapat menyebabkan disintegrasi dinding sel dan matinya jaringan tanaman (Kirby dan Pilbean, 1984). Kalsium terlibat di dalam konstruksi dari dinding sel dan komponen utama yang berperan untuk sifat mekanis dari jaringan tumbuhan dan paling ekstensif dipelajari dalam kaitannya dengan keretakan buah (Shear, 1975; Huang *et al.*, 2005). Dorly *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa pemberian kalsium dalam bentuk dolomit hanya mampu mengurangi skor cemaran getah kuning pada kulit buah tetapi tidak efektif menurunkan getah kuning pada daging buah.

Boron juga diduga kuat berkontribusi dalam memicu timbulnya cemaran getah kuning, karena B merupakan bagian dari komponen struktural sel (Hu *dan* Brown, 1994; Brown *dan* Hu, 1996). Defisien boron menyebabkan melemahnya dinding sel dan sel mati karena lepasnya organel-organel sel, yang diindikasikan oleh pecahnya dinding sel (Fleischer *et al.*, 1998). Defisiensi boron menyebabkan perubahan fisiologi dan biokimia, meliputi perobahan struktur dinding sel. perubahan fungsi dan integritas membran, perubahan aktivitas enzym dan

produksi sebagian besar metabolit tanaman. Defisiensi B juga akan menyebabkan kebocoran membran (Dordas *dan* Brown, 2005).

Dari penelitian Poerwanto *et al* (2010) di Kabupaten Bogor dan Purwakarta diketahui bahwa Ca dan B tanah serta kdanungan Ca dan B jaringan berkontribusi menekan cemaran getah kuning buah manggis. Fe, Mn tanah dan Fe, Mn jaringan tanaman berperan meningkatkan cemaran getah kuning. Hara lainnya secara tidak langsung, melalui Ca, B, Fe, Mn, juga bersinergi dalam mempengaruhi munculnya cemaran getah kuning pada aril (daging) dan kulit buah. Apakah peranan faktor lingkungan (sifat kimia dan fisika tanah) ini secara konsisten mengendalikan cemaran getah kuning pada lokasi sentra produksi yang berbeda masih perlu untuk diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara komprehensif peranan lingkungan, terutama sifat fisik, kimia tanah, dan iklim dalam mengendalikan cemaran getah kuning pada buah manggis.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari 2011 sampai Desember 2011 di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika, Institut Pertanian Bogor, dan pada beberapa sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat dan Lampung. Lokasi penelitian di Jawa Barat adalah 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 Desa Pakdanangan (Kecamatan IV Lingkungan) Kabupaten Padang Pariaman, Desa Koto Lua (Kecamatan Koto tangah) dan Desa Baringin (Kecamatan Lubuk Kilangan), Kotamadya Padang, Desa Padang Laweh (Kecamatan Koto VII) dan Desa Lalan (Kecamatan Lubuak Tarok) Kabupaten Sijunjung. Lokasi di Lampung adalah di desa Sukarame (Kecamatan Teluk Betung Barat) Kotamadya Lampung Barat.

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman manggis varietas lokal dari masing-masing daerah sentra produksi manggis yang telah berumur > 25 tahun, berproduksi dan pertumbuhannya relatif normal, serta

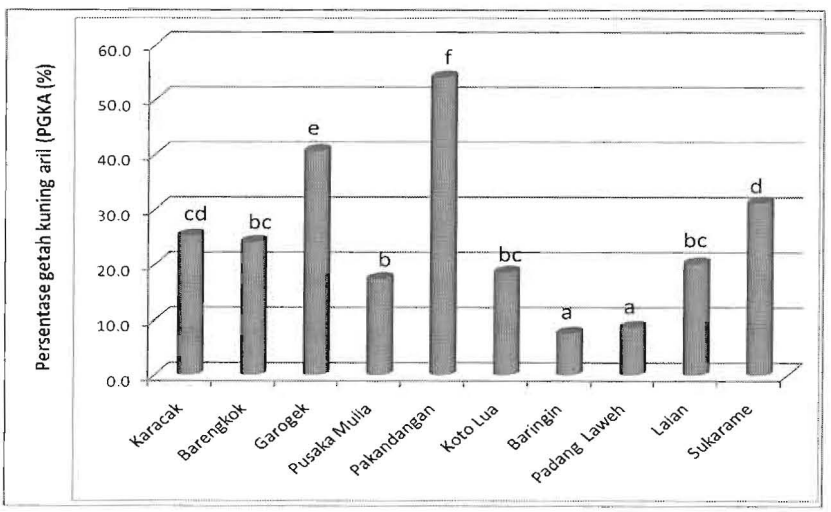
seragam. Setiap lokasi terdiri dari 10 tanaman, dan masing-masing tanaman diamati 100 buah manggis untuk pengamatan parameter getah kuning, sehingga total jumlah buah yang diamati mencapai 10.000 buah.

Peubah yang diamati meliputi: sifat kimia tanah dan kualitas buah. Data yang diperoleh, diolah dengan one way ANOVA dan dilanjutnya dengan Duncan pada taraf 5%. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui peubah yang paling berpengaruh dan analisis koefisien lintas (*path-coefficient analysis*) untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung dari masing-masing komponen parameter lingkungan terhadap parameter getah kuning dan komponen buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

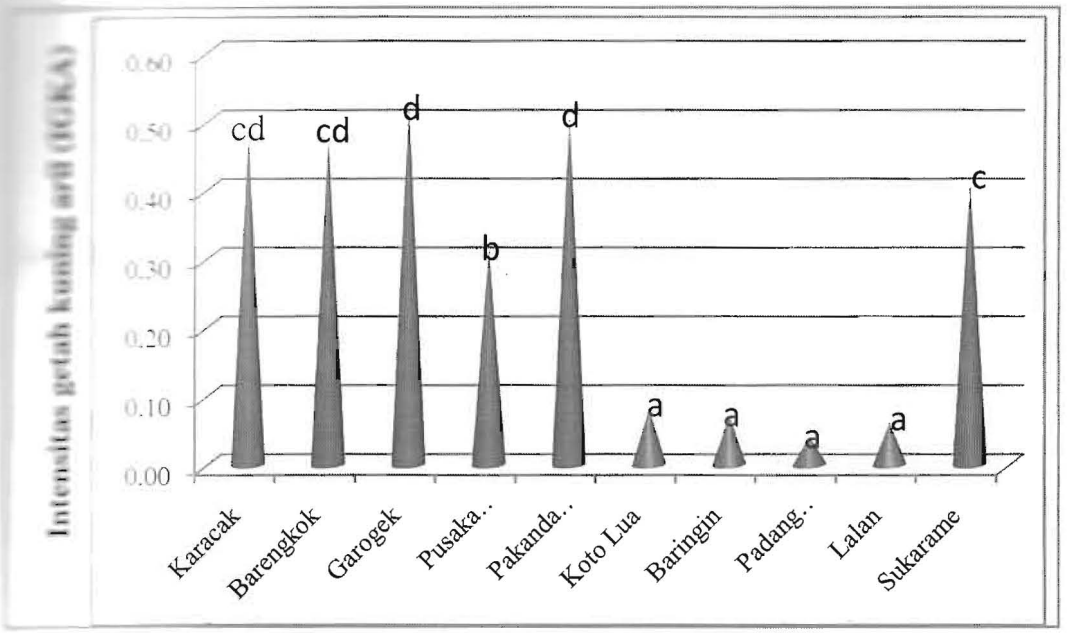
Keragaan Cemaran Getah Kuning

Presentase getah kuning aril (PGKA) yang tertinggi (54,04% - 31,20%) ditemukan di Desa Pakdanangan, diikuti oleh Garogek dan Sukarame. Presentase Getah Kuning yang tergolong sedang (25,20 - 17,40%) berada di Desa Karacak, Barengkok, Lalan, Koto Lua, dan Pusaka Mulia. Sedangkan PGKA yang tergolong rendah (7,61–8,70 %) diperoleh dari Desa Baringin dan Padang Laweh (Gambar 1).



Gambar 1. Keragaan persentase getah kuning (PGKA) pada beberapa lokasi penelitian di sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat, dan Lampung.

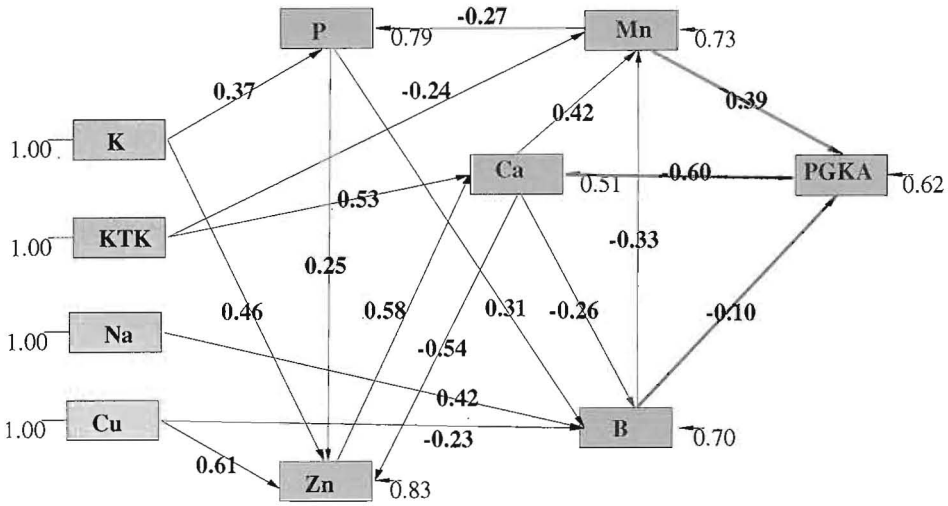
Intensitas getah kuning aril (IGKA), yang menunjukan tingkat keparahan dari cemaran aril buah pada setiap buah juga diperoleh tertinggi dari Desa Pakalangan. diikuti oleh Garogek, Karacak, Barengkok, Sukarame, dan Pusaka Indah, berkisar antara 0,50 hingga 0,31. Intensitas getah kuning aril dari desa lainnya tergolong rendah, berkisar antara 0,08 hingga 0,04, yaitu dari Desa Koto Lua, Baringin. Lalan, dan Padang Laweh (Gambar 2).



Gambar 2. Keragaan intensitas getah kuning (IGKA) pada beberapa lokasi penelitian di sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat, dan Lampung.

Pengaruh Sifat Kimia Tanah terhadap Cemaran Getah Kuning

Sifat kimia tanah yang berpengaruh langsung terhadap PGKA adalah Ca, Mn dan B. dengan koefisien jalurnya berturut sebesar -0,60; 0,39; dan -0,10 dan secara tidak langsung dipengaruhi oleh komponen sifat kimia tanah lainnya, antara lain P, K, KTK, Na, Cu, dan Zn (Gambar 4). Bila dilihat dari koefisien total pengaruh dari masing-masing sifat kimia tanah terhadap PGKA, Ca memberikan pengaruh yang terbesar, dan diikuti oleh Mn dan Cu, KTK. Nilai koefisien total jalur ini menunjukan bahwa Ca berpengaruh paling besar terhadap PGKA, diikuti oleh Mn, Cu, dan KTK. KTK berkontribusi lebih besar dalam meningkatkan Ca dan menurunkan Mn. Hara lain yang berinteraksi dengan Ca dan B yang secara tidak langsung berkontribusi menurunkan PGKA adalah Zn, P, Na, dan Zn.

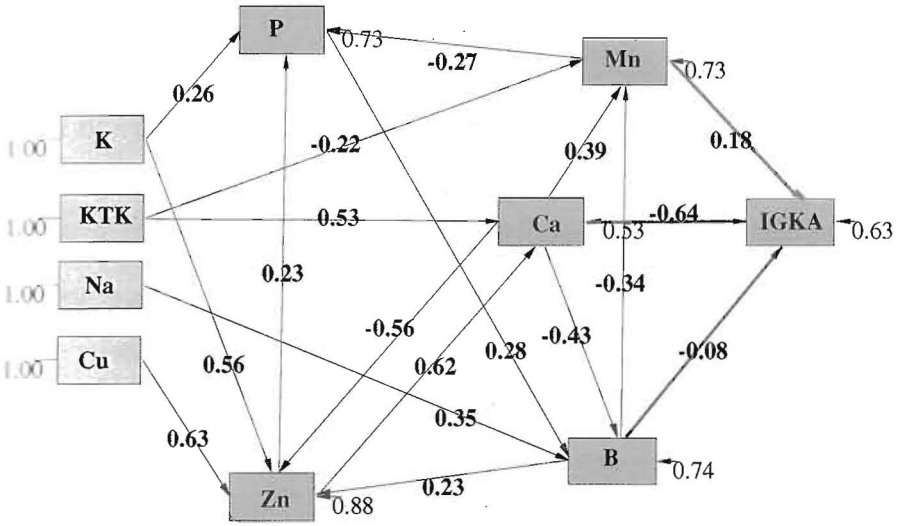


Chi-Square=31.63, df=21, P-value=0.06377, RMSEA=0.073

Gambar 3. Hubungan sifat kimia tanah dengan presentase getah Kuning Aril buah manggis (PGKA).

Intensitas getah kuning aril secara langsung juga dipengaruhi oleh Ca, Mn, dan B, dengan koefisien jalurnya berturut adalah -0,64; 0,18; -0,08, menunjukan bahwa Ca dan B berperan dalam menekan IGKA, sedangkan Mn berkontribusi meningkatkan IGKA (Gambar 4). Beberapa unsur hara tanah lainnya juga berpengaruh secara tidak langsung melalui Ca dan B dalam menurunkan IGKA.

Fenomena di atas menunjukan bahwa Ca dan B adalah dua jenis hara yang berperan penting menekan cemaran getah kuning, sedangkan Mn mengakibatkan meningkatnya cemaran getah kuning. Hasil penelitian sebelumnya pada sentra produksi manggis di Bogor dan Purwakarta (Poerwanto *et al.*, 2010) juga menunjukkan bahwa Ca dan B berperan utama dalam mengurangi cemaran getah kuning buah manggis, sedangkan Mn memicu cemaran getah kuning.



Chi-Square=30.77, df=21, P-value=0.07755, RMSEA=0.070

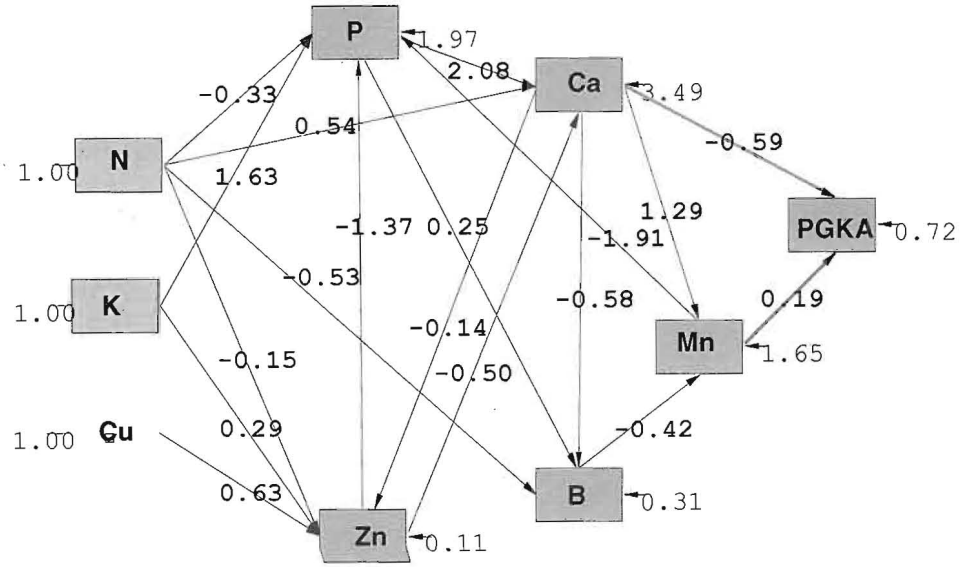
Gambar 4. Hubungan sifat kimia tanah dengan intensitas getah kuning aril (IGKA).

Pengaruh Hara Endokarp Terhadap Cemaran Getah Kuning

Hasil analisis jalur menunjukan bahwa Ca dan Mn adalah hara yang berpengaruh langsung terhadap PGKA, yaitu dengan koefisien jalurnya -0,59 dan 0,19 (Gambar 5). Nilai koefisien jalur ini menunjukan bahwa Ca secara langsung berperan utama dalam menekan PGKA, sedangkan Mn berkontribusi meningkatkan PGKA. Hal ini memperkuat bukti bahwa Ca dan Mn adalah dua jenis hara sebagai kunci utama pengendali cemaran getah kuning.

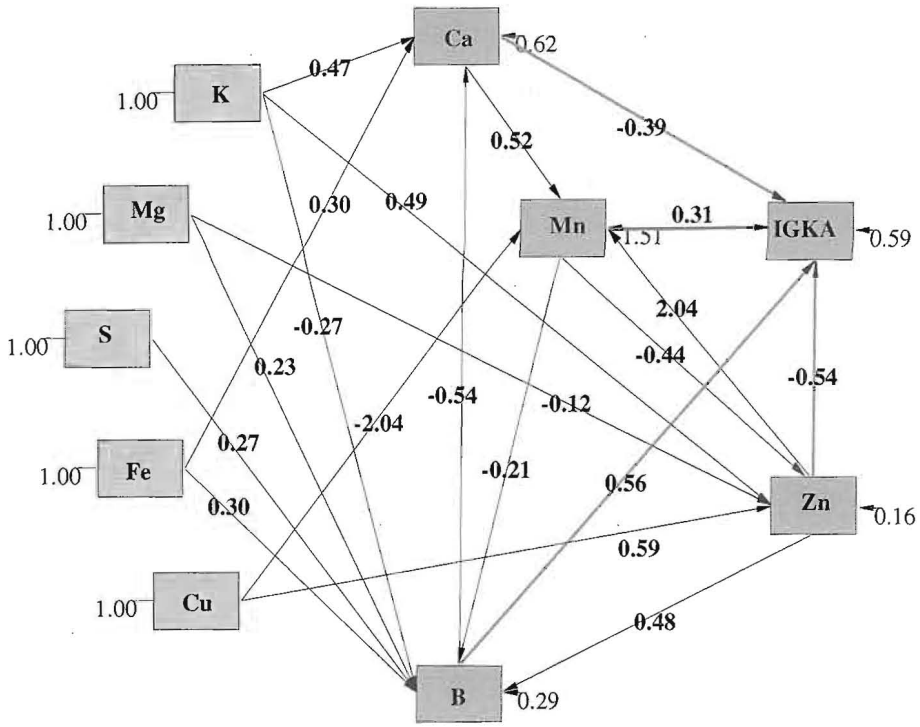
Hara lainnya, kecuali Cu, melalui Ca dan Mn juga berperan menurunkan PGKA. Hara yang paling besar memberikan pengaruh tidak langsung terhadap PGKA adalah K dan P, yaitu melaui Ca dan Mn.

Intensitas getah kuning secara langsung dipengaruhi oleh Ca, Mn, B dan Zn, dengan koefisien jalurnya -0,39; 0,31; 0,56; dan -0,54 (Gambar 6). Koefisien jalur ini menunjukan bahwa Ca dan Zn berperan mengurangi IGKA, sedangkan Mn dan B menyebabkan meningkatkan IGKA. Hal ini mengindikaskian bahwa IGKA disamping dikendalikan oleh Ca, Mn, juga dipengaruhi oleh interaksi berbagai hara dan keseimbangannya di dalam jaringan tanaman.



Chi-Square=23.18, df=15, P-value=0.08039, RMSEA=0.075

Gambar 5. Hubungan hara endokarp dengan presentase getah kuning aril (PGKA).



Chi-Square=22.47, df=15, P-value=0.09599, RMSEA=0.073

Gambar 6. Hubungan hara endokarp dengan intensitas getah kuning aril IGKA).

Hubungan Hara dalam Endokarp dan Tanah Terhadap Getah Kuning

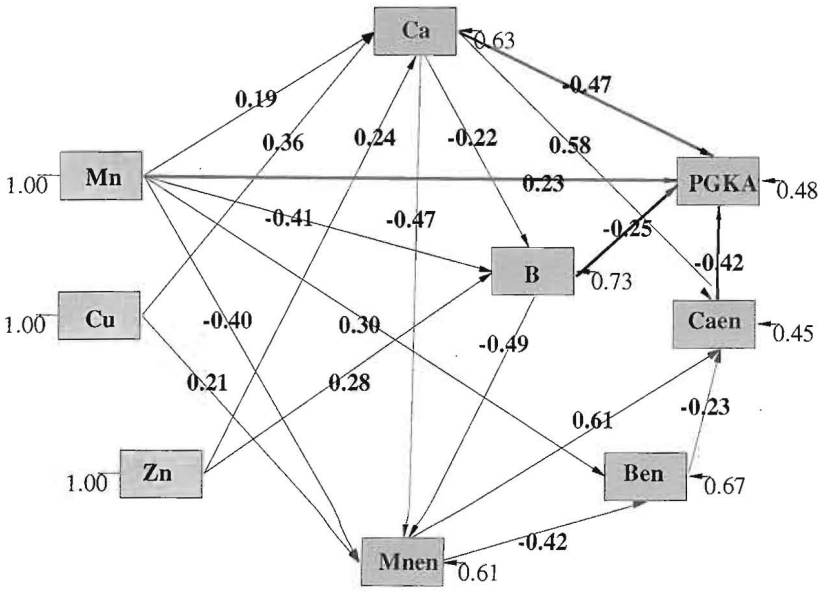
Hubungan antara sifat kimia tanah dan hara endokap terhadap cemaran getah kuning dapat dijadikan landasan sejauh mana peran hara, baik di tanah maupun di jaringan endokarp dalam mempengaruhi terjadinya cemaran getah kuning. Penyerapan hara dan akumulasinya di endokarp sangat ditentukan oleh ketersediaan masing-masing hara di tanah dan interaksi antar sesamanya, baik sebelum diserap maupun setelah diakumulasi di dalam jaringan tanaman. Hara-hara tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung akan memberikan pengaruh terhadap cemaran getah kuning dan pengaruh tersebut dapat terjadi di saat masih di tanah atau setelah diakumulasi oleh jaringan tanaman.

Analisis jalur menunjukan bahwa terdapat 5 jenis hara di tanah yang berkontribusi memberikan pengaruh terhadap PGKA, yaitu Ca, B, Mn, Cu, Zn. Kalsium, B, dan Mn adalah hara di tanah yang secara konsisten masih menunjukan pengaruh langsung terhadap PGKA, sedangkan Cu adalah hara yang memberikan pengaruh melalui Ca, B, dan Mn. Hara-hara di endokarp yang mempengaruhi PGKA, juga dipengaruhi oleh ketersediaan hara tanah, yaitu Ca endokarp (Caen) secara langsung ditentukan oleh Ca, dan secara tidak langsung oleh hara lainnya. Mangan endokarp (Mnen) secara langsung ditentukan oleh Mn, Ca, dan B di tanah dan secara tidak langsung oleh hara lainnya. Ben tidak dapat berkontribusi secara langsung melainkan hanya melalui Caen karena adanya eliminasi oleh Mnen. Mnen tidak dapat menginduksi PGKA secara langsung karena mengalami tekanan oleh Ca dan B dan ketersediaan Mn tanah (Gambar 7). Dari tiga jenis hara yang terakumulasi di endokarp (Caen, Mnen, Ben), hanya Caen yang berperan utama dalam mengurangi PGKA, dengan koefisien jalurnya -0,42, sedangkan Ben dan Mnen berkontribusi secara tidak langsung terhadap PGKA. Hara lain berperan secara tidak langsung melalui interkasinya dengan Ca, Mn, B, dan Caen.

Intensitas getah kuning (IGKA) juga dipengaruhi secara langsung Ca dan B tanah, tetapi Mn dan hara lainnya (Cu dan Zn) hanya memberikan pengaruh tidak langsung melalui Ca dan B di tanah. Intensitas getah kuning aril juga mengalami penurun oleh interkasi Cu, Mn, dan Zn terhadap Ca tanah, namun IGKA akan tereliminasi oleh pengaruh interkasi Zn dengan B. Kalsium di endokarp (Caen) dalam mengurangi IGKA, secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan Ca

tanah, Mn dan B di endokarp (Mnen dan Ben). Sedangkan B tanah yang berpengaruh lasung dalam menurunkan IGKA dikendalikan oleh Ca, Mn, dan Zn di tanah. Hasil analisis jalur ini menunjukan bahwa, IGKA disamping ditentukan oleh Ca dan Mn di endokarp (Caen dan Mnen), juga dikendalikan oleh Ca dan B dan interkasi beberapa hara di tanah (Gambar 8).

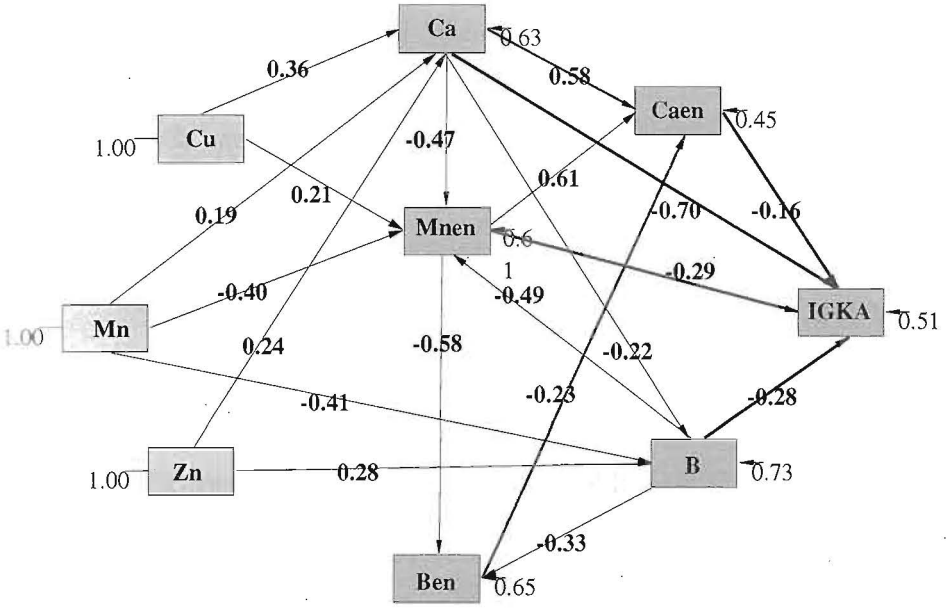
Peranan Ca yang konsisten dalam mengurangi cemaran getah kuning, baik di saat berada di dalam tanah maupun setelah di dalam jaringan endokarp, memperkuat bukti bahwa Ca adalah kunci utama dalam mengedalikan cemaran getah kuning. Kalsium tidak hanya sebagai komoponen utama penyusun dinding sel, tetapi juga berperan mengurangi penyerapan hara yang toksik bagi jaringan, seperti Mn. Alam *et al.* (2006) melaporkan bahwa peningkatan Ca mengurangi serapan Mn pada barley (*Hordeum vulgare L*).



Chi-Square=20.37, df=14, P-value=0.11902, RMSEA=0.069

Gambar 7. Hubungan Sifat kimia tanah dan kadar hara endokarp dalam kaitannya dengan persentase getah kuning aril (PGKA).

Keterangan:
Caen = Ca endokarp
Ben = B endokarp
Mnen = Mn endokarp



Chi-Square=22.99, df=14, P-value=0.06040, RMSEA=0.082

Gambar 8. Hubungan Sifat kimia tanah dan kadar hara endokarp dalam kaitannya dengan intensitas getah kuning aril (IGKA).

Keterangan:
Caen = Ca endokarp
Ben = B endokarp
Mnen = Mn endokarp

Boron, meskipun tidak konsisten dalam menurunkan cemaran getah kuning, namun sebagaian besar pengaruhnya terhadap indikator cemaran getah kuning selalu berkontribusi mengurangi PGKA dan IGKA. Ketidak konsisten ini disebabkan karena B dipengaruhi oleh berbagai jenis hara di tanah dan di dalam jaringan endokarp. Boron terutama berifat antagonis dan sebagian besar keberadaannya di tanah mengalami tekanan oleh Mn (Gambar 7 dan 8). Namun demikian B menunjukan peranan yang kedua penting setelah Ca dalam mengurangi cemaran getah kuning. Boron merupakan bagian dari komponen struktural sel (Hu *dan* Brown, 1994). Boron meningkatkan stabilitas dan ketegaran sturuktur dinding sel dan oleh karena itu mendukung bentuk dan kekuatan sel tanaman (Hu *dan* Brown, 1994; Marschner, 1995). Boron meningkatkan integritas membran plasma (Marschner, 1995; Blevins *dan* Lukaszewski, 1998). Defisien boron mengakibatkan sel mati, terutama disebabkan oleh melemahnya dinding sel. Matinya sel yang berkaitan dengan lepasnya

organel-organel sel diindikasikan oleh pecahnya dinding sel (Fleischer *et al.*, 1998). Defisiensi boron juga menyebabkan perubahan fisiologi dan biokimia, meliputi perobahan struktur dinding sel, perubahan fungsi dan integritas membran, perubahan aktivitas enzyme dan produksi sebagian besar metabolit tanaman. Defisiensi B akan menyebabkan kebocoran membran (Dordas *dan* Brown, 2005).

Mangan adalah hara mikro esensial yang dibutuhkan dalam level yang rendah dan mutlak diperlukan tanaman untuk hara serta perkembangan tanaman yang normal (Millaleo *et al*, 2010). Meskipun demikian, kelebihan Mn sangan beracun bagi sel tumbuhan (Migocka dan Klobus, 2007). Hasil penelitian sebelumnya (Poerwanto *et a*l. 2010) juga menunjukan bahwa Mn berperan meningkatkan cemaran getah kuning buah manggis. Kosentarsi Mn yang berlebihan di jaringan tanaman dapat mengubah berbagai proses, seperti aktivitas ezim, penyerapan, translokasi, dan pemanfaatan elemen mineral lainnya (Ca, Mg, Fe, dan P), menyebabkan stres oksidatif (Ducic *dan* Polle, 2005; Lei *et al*, 2007). Selain itu toksisitas Mn sering terjadi apabila ketersediaan unsur hara lain, seperti Ca, Mg, K, Fe, dan Si berada dalam kuantitas rendah (Abou *et al*, 2002). Sebagai logam beracun, Mn dapat menyebabkan perubahan metabolik dan kerusakan makromolekul yang mengganggu homeostasis sel (Hegedus *et al.*, 2001; Polle, 2001). Menurut Lynch *dan* St Clair, 2001), toksisitas Mn pada tanaman menghasilkan oksigen reaktif (ROS), terutama OH, beberapa jenis oksidan yang paling reaktif dan berbahaya dalam sel (Lidon *dan* Henrique, 1993). Dengan demikian kelebihan Mn akan diduga mengakibatkan bocornya dinding sel saluran getah kuning dan memicu terjadinya cemaran getah kuning pada aril buah, seperti yang diindikasikan oleh positifnya koefisien jalur Mn terhadap PGKA dan IGKA.

KESIMPULAN

Sifat kimia tanah, terutama ketersediaan Ca, Mn, dan B sangat menentukan cemaran getah kuning buah manggis. Kalsium dan B adalah dua jenis hara yang berperan langsung menurunkan cemaran getah kuning, sedangkan Mn konsisten meningkatkan cemaran getah kuning; Akumulasi hara di jaringan endokarp, terutama Ca, B, dan Mn berpengaruh terhadap cemaran getah kuning. Kalsium dan

B di jaringan endokap berkontribusi langsung dalam menurunkan cemaran getahu kuning, sedangkan Mn meningkatkan cemaran getah kuning; Keterkaitan ketersediaan hara di tanah dan akumulasinya di jaringan endokarp mendukung bukti bahwa tiga jenis hara, yaitu Ca, B, dan Mn adalah kunci utama dalam mengendalikan cemaran getah kuning.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian in terlaksana karena dukungan dana dari KKP3T dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan no.: 871/lb.620/i.1/3/2011, tanggal 21 maret 2011. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

Abou, M., Symeonidis, L., Hatzistavrou, E., and Yupsanis, T. 2002. Nucleolytic activities and appearance of a new DNase in relation to nickel and manganese accumulation in *Alyssum murale*. *J. Plant Physiol.* 159, 1087-1095.

Alam S., Kodama R., Akiha F., Kamei S., and Kawai S. 2006. Alleviation of manganese phytotoxicity in barley with calcium. Journal of Plant Nutrition 29, 59–74.

Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M., 1998. Boron in plant structure and function. Annu. Rev. Plant Physiology. 49, 481–500.

Demirevska-Kepova, K., Simova-Stoilova, L., Stoyanova, Z., Holzer, R., and Feller, U. 2004. Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. Environ. Exp. Bot. 52, 253-266.

Dordas C. and P. H. Brown. 2005. Boron deficiency affects cell viability, phenolic leakage dan oxidative burst in rose cell cultures. Plant dan Soil 268: 293–301.

Dorly, S. Tjitrosemito, R. Poerwanto, dan Juliarni. 2008. Secretory duct structure dan phytochemistry compouns of yellow latex in mangosteen fruit. HAYATI Journal of BioScience 15: 99-104.

Dorly, I. Wuldanari, S. Tjitrosemito, R. Poerwanto, dan D. Efendi. 2011. Studi pemberian kalsium untuk mengatasi getah kuning pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). J. Agron. Ind.:49-55.

Ducic, T. and Polle, A. 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. Braz. J. Plant Physiol. 17, 103-112.

Fleischer A., Titel, C. and Ehwald, R. 1998. The Boron requirement dan cell wall properties of growing dan stationary suspension-cultured chenopodium album L. Cells. Plant Physiol. 117: 1401–1410.

Hegedus, A., Erdei, S., and Horváth, G. 2001. Comparative studies of H_2O_2 detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. Plant Sci. 160, 1085-1093.

Hirschi, K. D. (2004). The calcium conundrum: Both versatile nutrient dan specific signal. Plant Physiol. 136: 2438–2442.

Hu H. and Brown P. H. 1994. Localization of boron in cell walls of squash dan tobacco dan its association with pectin. Plant Physiology 105: 681- 689.

Hu H. and Brown P. H. 1997. Absorption of boron by plant roots. Plant dan Soil 193: 49–58.

Huang, X, H.C. Wang, J.Li, W. Yuan, J.Lu and H. B. Huang. 2005. An overview of calcium's role in lychee fruit cracking. Acta. Hort. 66(5): 231-240.

Kirby E. A and Pilbeam D.J . 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant Cell Environ 7: 397–405.

Lei, Y., Korpelainen, H., and Li, C. 2007. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations. Chemosphere 68, 686-694.

Lidon, F.C. and Henriques, F. 1993. Oxygen metabolism in higher plant chloroplasts. Photosynthetica 29, 249-279.

Lynch, J.P. and St.Clair, S.B. 2004. Mineral stress: the missing link in understanding how global climate change will affect plants in real world soils. Field Crop. Res. 90, 101–115.

Marschner H. 1995. Mineral in higher plants. Academic press, New York.

Migocka M. and Klobus G. 2007. The properties of the Mn, Ni and Pb transport operating at plasma membranes of cucumber roots. Physiol. Plant. 129, 578-587.

Millaleo R., M. Reyes-Diaz, A.G. Ivano, M.L. Mora, and M. Alberdi. 2010. Manganese as essential and toxic element for plants: Transpor. accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (4): 476 – 494.

Poerwanto R, Dorly, Maad M. 2010. Getah kuning pada buah manggis. Prosiding Seminar Nasional Hortikultura-Indonesia; Bali, 25-26 Nopember 2010. hlm 255-260.

Poerwanto, R., Hidayati, R. Jawal, M., dan Martias. 2010. Pengaruh lingkungan

iklim serta sifat fisik dan kimia tanah) terhadap cemaran getah kuning buah manggis untuk ekspor. Laporan Hasil Penelitian KKP3T.

Shear, C. B. 1975. Calcium-related disorders of fruits dan vegetables. HortScience 10, 361–365.