

Pengaruh Pemberian Magnesium, Boron dan Silikon terhadap Aktivitas Fisiologis, Kekuatan Struktural Jaringan Buah dan Hasil Pisang (*Musa acuminata*) “Raja Bulu”

Effect of Magnesium, Boron and Silicon Addition to Physiological Activity, Fruit Tissue Structure Strength and Production of “Raja Bulu” Banana (*Musa acuminata*)

Benediktus Dimas Surya Wirawan¹⁾, Eka Tarwaca Susila Putra^{2*)}, Prapto Yudono²⁾

¹⁾ Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

²⁾ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

^{*)} Penulis untuk korespondensi E-mail: ekatarwaca79@gmail.com

ABSTRACT

Bananas are the world's fourth most important food crop, the fruit is widely consumed by people in the tropics and subtropics. One type of banana has high economic value and potential exports is Raja Bulu. The biggest problem faced that banana processing after harvest due to the perishable and nonperishable as a result of metabolic processes which continue after harvest that make the fruit quality decrease during the period of storage. The banana fruits have flawless physical properties, which are more attractive and have a higher value. The purpose of this research is done in order to improve yield and better physical conditions. This research was conducted in September 2014 - June 2015 using 3 different farmer's land with different locations and ownership in the Sub District of Bambanglipuro, Bantul, Yogyakarta. This research was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 different locations as the group. The treatment used the difference between fertilizer mixture packages of Mg, B, and Si with four treatments, control (without Mg, B, and Si fertilizer package application), level 1 (0,34% Mg²⁺, 0,05% B(OH)₃, 0,04% SiO₂), level 2 (0,68% Mg²⁺, 0,10% B(OH)₃, 0,08% SiO₂) and level 3 (1,01% Mg²⁺, 0,16% B(OH)₃, 0,13% SiO₂). The environmental factors at the research location showed that the condition was well suitable for the growth requirements of banana plants. The results showed that the addition of fertilizer packages can increase the content of N, P, K, Ca and Mg, chlorophyll content, content of pectin, lignin and cellulose in the fruit skin, cell wall thickness, fiber wall thickness, diameter xylem and phloem diameter in the fruit skin tissue. The addition of fertilizer package also lead to more compact arrangement of the cells and massive cell contents so affecting the increase of the fruit firmness.

Keywords: bananas, tissue reinforcement, mineral nutrition, physiology, peel anatomy

INTISARI

Pisang merupakan tanaman pangan terpenting ke-4 di dunia yang buahnya banyak dikonsumsi oleh penduduk wilayah tropis dan subtropis sebagai makanan pokok. Salah satu jenis pisang yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan berpotensi ekspor

adalah pisang Raja Bulu. Masalah terbesar yang dihadapi pisang raja bulu adalah sifatnya yang mudah rusak dan mudah busuk sebagai akibat dari proses metabolisme yang tetap berlangsung setelah pemanenan sehingga kualitas buah akan menurun selama penyimpanan. Buah pisang yang memiliki sifat fisik menarik jauh lebih banyak diminati dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Tujuan penelitian ini dilakukan dalam upaya perbaikan hasil dan sifat fisik buah pisang raja bulu. Penelitian dilaksanakan pada September 2014 – Juni 2015 dengan menggunakan lahan petani sebanyak 3 lokasi dengan status kepemilikan berbeda pada sentra buah pisang di Daerah Kecamatan Bambanglipuro, Kabupaten Bantul, DIY. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), perbedaan lokasi merupakan kelompok. Perlakuan yang digunakan yaitu perbedaan paket campuran pemupukan antara Mg, B, dan Si dengan 4 aras perlakuan yaitu kontrol, taraf 1 (0,34 % Mg^{2+} , 0,05 % $B(OH)_3$, 0,04 % SiO_2), taraf 2 (0,68 % Mg^{2+} , 0,10 % $B(OH)_3$, 0,08 % SiO_2), dan taraf 3 (1,01 % Mg^{2+} , 0,16 % $B(OH)_3$, 0,13 % SiO_2). Hasil pengamatan lingkungan pada lokasi penelitian menunjukkan kondisi yang sesuai dengan batas syarat tumbuh tanaman pisang. Hasil penelitian menunjukkan penambahan paket pupuk dapat meningkatkan kandungan hara N, P, K, Ca dan Mg, kandungan klorofil, kandungan pektin, lignin, dan selulosa pada kulit buah, ketebalan dinding sel, ketebalan dinding fiber, diameter xylem, dan diameter floem pada jaringan kulit buah. Penambahan paket pupuk juga menyebabkan susunan sel lebih kompak dan isi sel lebih masif sehingga buah menjadi lebih keras.

Kata kunci: buah pisang, penguatan jaringan, nutrisi mineral, fisiologi, anatomi kulit

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa L.*) termasuk dalam family *Musaceae*, merupakan tanaman pangan terpenting keempat di dunia setelah padi, gandum dan jagung. Pisang dibudidayakan di lebih dari 100 negara di seluruh daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia pisang menduduki urutan pertama ekspor buah-buahan. Pisang merupakan buah yang banyak digemari oleh semua kalangan masyarakat karena harganya yang relatif murah, mudah dibudidayakan dan dapat dipanen sepanjang tahun. Salah satu jenis pisang yang banyak dibudidayakan di Indonesia ialah pisang Raja Bulu (*Musa sp.* AAB Group). Pisang Raja Bulu merupakan salah satu jenis pisang raja yang ukurannya sedang dan gemuk. Bentuk buahnya silindris melengkung dengan pangkal buah agak bulat. Kulitnya tebal berwarna kuning berbintik cokelat. Buah pisang termasuk buah klimakterik. Proses pemasakannya diiringi laju respirasi dan laju produksi etilen yang relatif tinggi (Kader, 1992). Kedua hal tersebut merupakan faktor penyebab buah-buahan menjadi mudah rusak fisik, mudah terserang penyakit dan daya simpan pendek. Berbagai perubahan fisik dan kimia mengikuti proses pemasakannya di antaranya pelunakan buah, peningkatan kandungan gula, perubahan warna kulit buah, dan peningkatan laju respirasi dan laju produksi etilena. Seperti halnya buah-buahan klimakterik lainnya, proses pemasakan tidak

dapat dihentikan, tetapi dapat diperlambat sehingga daya simpan buah dapat diperpanjang (Wills *et al.* 1989 *cit.* Purwoko *et al.*, 2002).

Penguatan struktur jaringan tanaman dengan pembentukan barrier fisik dapat dicapai melalui pengelolaan nutrisi tanaman. Aplikasi nutrisi mikro dan makro secara foliar mempunyai peranan penting dalam meningkatkan ukuran sisir buah, produktivitas dan kualitas buah. Beberapa eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya dengan melakukan penambahan nutrisi mikro secara *foliar spray* pada tanaman buah –buah yang berbeda, menunjukkan respon hasil yang lebih baik dan peningkatan kualitas buah (Kurma dan Verma, 2004 *cit.* Lalithya *et al.*, 2014). Beberapa unsur hara berperan dalam menjaga integritas struktural sel atau jaringan. Hara mineral yang banyak berperan dalam penjagaan integritas struktural sel atau jaringan adalah magnesium (Mg), boron (B) dan silikon (Si).

Magnesium dan boron berperan penting pada aktivitas fisiologi tanaman seperti fotosintesis dan sintesis hormon, enzim dan protein. Magnesium berfungsi sebagai konstituen mineral utama pada molekul klorofil, membantu tanaman untuk membentuk gula dan pati, berperan dalam translokasi fosfor dan membantu fungsi enzim tanaman. Boron berperan penting dalam penguatan sel dan jaringan tanaman. Boron juga merupakan komponen anorganik penting pada susunan dinding sel. Defisiensi boron dapat menyebabkan penurunan translokasi karbohidrat dari daun menuju buah. Silikon bukan termasuk elemen esensial, tetapi mempunyai efek positif pada pertumbuhan tanaman seperti peningkatan bobot kering dan hasil, meningkatkan penyerbukan, dan secara umum meningkatkan resistensi terhadap penyakit (Gillman *et al.*, 2003). Silikon juga dapat meningkatkan toleransi terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan, salinitas, *chilling*, *freezing* dan mengurangi efek buruk logam berat (Liang *et al.*, 2007). Hasil penelitian Putra (2010) menunjukkan bahwa aplikasi Mg, B, dan Si pada pisang mampu menghambat kerusakan fisiologis jaringan buah setelah panen. Penghambatan tersebut terkait dengan penurunan aktivitas etilen, *polygalacturonase* (PG) dan *pectinmethylesterase* (PME) sehingga mampu menghambat pemasakan dan degradasi klorofil (Putra, 2011).

Oleh karena itu, aplikasi Mg, B dan Si dalam proporsi yang tepat berpeluang untuk meningkatkan kekuatan fisik maupun fisiologis sel atau jaringan sehingga kualitas hasil buah terjaga. Penelitian ini bertujuan mengetahui tanggapan fisiologis, kekuatan struktural jaringan buah dan hasil pisang raja bulu terhadap aplikasi Mg, B dan Si. Menentukan dosis terbaik kombinasi Mg, B dan Si untuk

memperbaiki aktivitas fisiologis, kekuatan struktural jaringan buah, hasil dan kualitas buah pisang raja bulu.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Ponggok, Kecamatan Bambanglipuro, Kabupaten Bantul, DIY. Pengamatan variabel hasil dan destruktif dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Preparasi sampel untuk analisis jaringan kulit buah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Yogyakarta. Analisis jaringan kulit buah untuk mengetahui kandungan N, P, K, Ca dan Mg dilakukan di Laboratorium Analisis BPTP, Maguwoharjo, Yogyakarta, sedangkan analisis kandungan B, Si, dan karbohidrat (pektin, lignin, dan selulosa) dilakukan di Laboratorium Chem-Mix Pratama, Jambidan, Banguntapan, Yogyakarta. Pengamatan kualitatif dan kuantitatif anatomi kulit buah pisang dilakukan di Laboratorium *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong, Jawa Barat. Penelitian berlangsung pada bulan September 2014 sampai Juni 2015.

Obyek penelitian adalah tanaman pisang raja bulu (*Musa acuminata*) yang ada di tiga lokasi berbeda. Umur tanaman pisang yang dipilih sebagai obyek penelitian sekitar 6 (enam) bulan atau sudah mendekati fase pembungaan, dengan kondisi pertanaman homogen. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan tiga blok sebagai ulangan. Masing-masing blok menggunakan tiga tegakan pisang sebagai sampel per perlakuan.

Alat penelitian yang digunakan meliputi : timbangan elektronik (ACIS), gunting, *freezer* (Polytron), mortar, oven (WTC binder), *power sprayer* (Midori), penggaris, jangka sorong digital, *handcounter* (JOYKO), *lightmeter* (Digital Instrument), termohigrometer (HAAR-SYNT), penetrometer (bareiss HPE II), spectronic 21 D (Milton Roy), spektrofotometer serapan atom (SSA) Perkin Elmer Model 3110, fotometer nyala Perkin Elmer Model 403, spektrofotometer (ICP-MS) Perkin Elmer Model ELAN DRC-e, parafilm (American), *centrifugal condenser* (TAITEC VC-96N), pelapis ion, mikroskop pemindai elektron (SEM) JEOL model JSM-5310LV (Low Vacuum).

Bahan yang diperlukan meliputi tanaman pisang raja bulu dengan umur sekitar 6 bulan, garam inggris (49 % $MgSO_4$), asam borat (99 % H_3BO_3), SiPlusHS (22-25 % SiO_2), urea (46 % N), SP36 (36 % P_2O_5), KCl (60 % K_2O), pupuk kandang,

reagen analisis klorofil, reagen analisis nitrat reduktase, reagen FAA, reagen preparasi sampel SEM.

Area pengambilan tanaman sampel untuk tiap-tiap perlakuan dibuat dengan kriteria memenuhi syarat pengambilan tiga tanaman sampel setiap petak ulangan per perlakuan. Tanaman sampel harus dikelilingi 8 tanaman lainnya, tanaman sampel bukan merupakan anakan dan tanaman tepi. Aplikasi pupuk dasar dilakukan melalui tanah sedangkan pupuk Mg, B dan Si diaplikasikan langsung pada bunga maupun buah yang terbentuk dengan cara disemprotkan. Sumber Mg, B dan Si yang digunakan dalam penelitian berturut-turut adalah garam inggris, asam borat dan SiPlusHS. Pupuk Mg, B dan Si diaplikasikan setiap dua minggu sekali sebanyak empat kali dimulai pada saat sisir pertama dari bunga mulai terbuka dan dihentikan pada penyemprotan yang keempat. Penyemprotan pupuk Mg, B dan Si dilakukan dengan menggunakan power sprayer.

Larutan pupuk Mg, B dan Si dibuat dengan cara melarutkan garam inggris, asam borak, dan SiPlusHS secara bersama-sama dalam air. Jumlah garam inggris, asam borak, dan SiPlusHS yang dilarutkan disesuaikan dengan perlakuannya masing-masing. Pelarutan dilakukan dalam media air dengan volume 1000 mL per tanaman untuk setiap aplikasi. Setiap tanaman pisang yang menjadi obyek penelitian disemprot dengan larutan Mg, B, dan Si setiap dua minggu sekali sebanyak empat kali dengan volume semprot 1000 mL/tanaman/penyemprotan, sedangkan konsentrasinya berbeda-beda menyesuaikan dengan perlakuan yang dikenakan pada masing-masing tanaman. Berikut ini rincian perlakuan pemupukan yang diaplikasikan dalam kegiatan penelitian:

1. Kontrol (0 % Mg^{2+} 0 % $B(OH)_3$, 0 % SiO_2): garam inggris 0,00 g/tanaman + asam borak 0,00 g/tanaman + Silikon 0,00 g/tanaman.
2. Penambahan paket pupuk (0,34 % Mg^{2+} , 0,05 % $B(OH)_3$, 0,04 % SiO_2): garam inggris 75,00 g/tanaman + asam borak 3,00 g/tanaman + Silikon 2,00 g/tanaman.
3. Penambahan paket pupuk (0,68 % Mg^{2+} , 0,10 % $B(OH)_3$, 0,08 % SiO_2): garam inggris 150,00 g/tanaman + asam borak 6,00 g/tanaman + Silikon 4,00 g/tanaman.
4. Penambahan paket pupuk (1,01 % Mg^{2+} , 0,16 % $B(OH)_3$, 0,13 % SiO_2): garam inggris 225,00 g/tanaman + asam borak 9,00 g/tanaman + Silikon 6,00 g/tanaman.

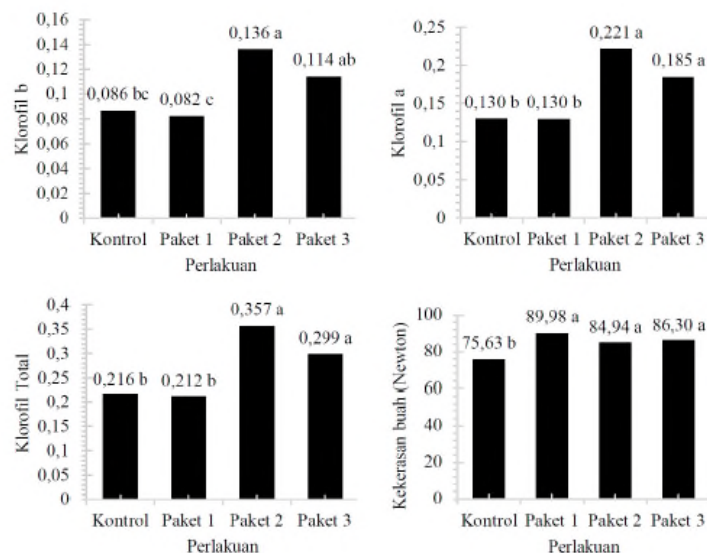
HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum lokasi penelitian secara geografis tergolong dalam dataran rendah. Hasil pengamatan anasir iklim menunjukkan bahwa suhu udara cenderung stabil dengan rata-rata harian 25-30 °C dan suhu tertinggi mencapai 37 °C. Suhu tersebut masih dalam ambang batas toleransi tanaman pisang yaitu 38 °C. Intensitas dan lama penyinaran dapat menurunkan kelembaban udara relatif hal ini tentunya berpengaruh pada kandungan uap air dalam udara, secara langsung mempengaruhi aktivitas pertukaran material dari dalam tubuh tanaman dengan lingkungan. Secara umum suhu udara, kelembaban udara relatif, intensitas cahaya, dan lama penyinaran pada kondisi yang sesuai dan masih dalam batas toleransi dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini tanaman pisang masih bisa berproduksi dengan baik dilihat dari jumlah sisir dalam satu tandan yang rata-rata menghasilkan 8 sisir. Tanaman pisang raja bulu optimalnya menghasilkan 6-8 sisir dalam satu tandan.

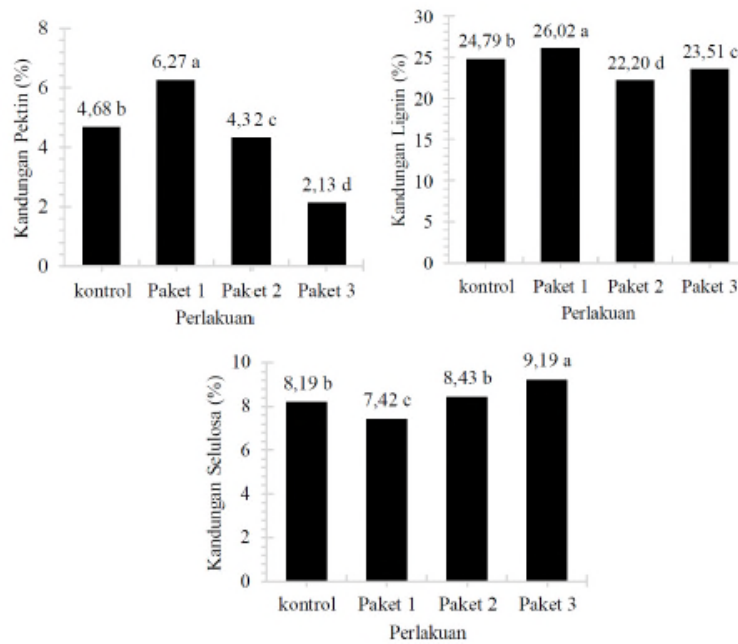
Tabel 1. Kandungan unsur hara pada kulit buah pisang

Perlakuan	Kandungan Unsur Hara							Rasio N/K
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (%)	Si (%)	
Kontrol	1,19	0,25	0,68	0,71	0,57	0,053	1,885	1:0,57
Dosis 1	1,19	0,27	0,75	0,72	0,60	0,056	1,773	1:0,63
Dosis 2	1,21	0,27	0,80	0,77	0,66	0,038	1,885	1:0,66
Dosis 3	1,21	0,28	0,77	0,83	0,65	0,049	1,813	1:0,64

Keterangan: N = Nitrogen, P = Fosfat, K = Potasium, Ca = Kalsium, Mg = Magnesium, B = Boron, Si = Silikon



Gambar 1. Kandungan klorofil a, b dan total pada kulit buah (*peel*). Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan adanya beda nyata pada taraf 5% dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).



Gambar 2. Kandungan pektin, lignin dan selulosa dalam kulit buah pada berbagai perlakuan. Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan adanya beda nyata pada taraf 5% dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Hasil penelitian memberikan informasi bahwa pisang Raja Bulu memberikan tanggapan positif terhadap paket pupuk Mg, B, Si khususnya pada variabel kandungan hara (Tabel 1), kandungan klorofil a, b, dan total (Gambar 1), kandungan pektin, lignin, dan selulosa (Gambar 2), ketebalan dinding sel, ketebalan dinding fiber, diameter xylem, dan diameter floem (Gambar 5), dan kekerasan buah (Gambar 1). Paket pupuk Mg, B, Si secara nyata mampu meningkatkan konsentrasi hara N, P, K, Ca, dan Mg, namun demikian konsentrasi B dan Si dalam jaringan kulit buah justru tidak terpengaruh oleh paket pupuk yang diberikan (Tabel 1). Konsentrasi unsur hara pada jaringan kulit buah pisang mengindikasikan bahwa terjadi kenaikan dalam hal N, P, K, Ca, dan Mg sejalan dengan kenaikan dosis paket pupuk Mg, B, Si (Tabel 1). Kandungan Mg dalam kulit buah memiliki korelasi yang positif dengan N. Kenaikan konsentrasi Mg dalam kulit buah pisang akibat paket pupuk Mg, B, Si secara nyata diikuti juga oleh kenaikan konsentrasi N dalam kulit buah. Nitrogen banyak ditemukan dalam organ tanaman berfungsi dalam pembentukan klorofil, asam amino, protein, dan asam nukleat. Sedangkan Mg memiliki fungsi dalam proses distribusi fotosintat, aktivator ANR dan RuBP karboksilase (Marschner, 2012) sehingga dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis dan asimilasi nitrogen.

Magnesium berperan penting dalam tanaman karena merupakan satu-satunya unsur logam yang menyusun molekul klorofil (Tisdale and Nelson, 1975). Kira-

kira 10% unsur Mg dijumpai di dalam kloroplas dan berperan sebagai aktivator spesifik dari beberapa enzim. Magnesium berperan langsung dalam menentukan struktur klorofil dengan terikat menjadi atom pusat bersama nitrogen dan hidrokarbon membentuk cincin porfirin. Hasil dari pengukuran klorofil menunjukkan bahwa sisir pada urutan kedua mendapatkan pasokan asimilat dan Mg yang maksimal sehingga penambahan Mg, B, dan Si dari luar berpengaruh terhadap pembentukan klorofil kulit buah (Gambar 1). Kandungan Mg dan N yang meningkat dalam kulit buah pisang menstimulasi kenaikan sintesis klorofil. Meskipun demikian, pembentukan klorofil pada kulit buah diduga memiliki kapasitas yang lebih kecil jika dibandingkan daun karena proses fotosintesis utamanya terjadi di daun.

Ketersediaan Mg dalam jumlah besar dapat meningkatkan kehijauan daun (Marschner, 1995), ketersediaan rubisco aktif (Epstein and Bloom, 2004), penyerapan nitrogen (Putra, 2011), fiksasi CO₂ (Marschner, 1995) yang semuanya berujung pada peningkatan fotoasimilat dalam pemanfaatannya sebagai energi dan pembentukan sel maupun untuk disimpan dalam bentuk turunan karbohidrat. Magnesium juga berperan mengatur pembentukan gula dan pati (Marschner, 1995) dari hasil perombakan senyawa karbohidrat, serta meningkatkan total padatan terlarut (Mostafa *et al.*, 2007) yang juga menyebabkan peningkatan bobot buah. Kapasitas pemuatan floem dan efisiensi pemanfaatan fotoasimilat juga bertambah sehingga jumlah fotoasimilat yang ditransportasikan ke buah sebagai cadangan energi mengalami peningkatan. Kapasitas lubang untuk penyimpanan terus bertambah sesuai dengan jumlah fotoasimilat yang ditampung.

Peningkatan kandungan klorofil a, b, dan total (Gambar 1) diakibatkan oleh peningkatan kandungan Mg dan N pada kulit buah (Tabel 1). Magnesium dan N mempunyai peranan penting dalam sintesis klorofil. Makin tinggi tanaman menyerap Mg dan N, maka makin tinggi juga kadar klorofil daun maupun kulit buah pisang. Mg²⁺ merupakan ion kunci yang mengaktivasi RuBP karboksilase (Mengel, 2001). Semakin tinggi kandungan Mg maka semakin banyak enzim rubisco yang mengikat karbon dalam proses asimilasi karbon sehingga meningkatkan laju fotosintesis dan pembentukan protein (Marschner, 2012). Kenaikan kandungan klorofil pada pisang Raja Bulu yang diberi paket pupuk Mg, B, Si selanjutnya diikuti oleh kenaikan aktivitas fotosintesis. Oleh karena itu, pisang Raja Bulu yang diberi paket pupuk Mg, B, Si diduga memiliki cadangan asimilat hasil fotosintesis yang nyata lebih tinggi jika dibandingkan dengan pisang Raja Bulu tanpa paket pupuk Mg, B, Si.

Peningkatan kapasitas fotosintesis akibat kenaikan kandungan klorofil

(Gambar 1) menyebabkan kenaikan laju pembentukan asimilat. Asimilat merupakan bahan dasar pembentuk senyawa atau polymer yang lebih kompleks untuk membentuk struktural sel, jaringan, dan organ tanaman. Kandungan Asimilat yang tinggi meningkatkan kapasitas pembentukan protein, enzim, dan senyawa organik lainnya. Ketersediaan polisakarida membuat proses meristematik sel dalam membentuk isi buah meningkat, selain itu pektin, lignin, dan selulosa sebagai penyusun dinding sel mengalami peningkatan. Pektin, lignin dan selulosa merupakan konstituen utama penyusun dinding sel yang terbentuk dari hasil metabolisme seluler. Peningkatan dosis Si pada penelitian ini juga mengarahkan pemanfaatan asimilat untuk proses lignifikasi sehingga menurunkan pembentukan selulosa dan pektin (Gambar 2).

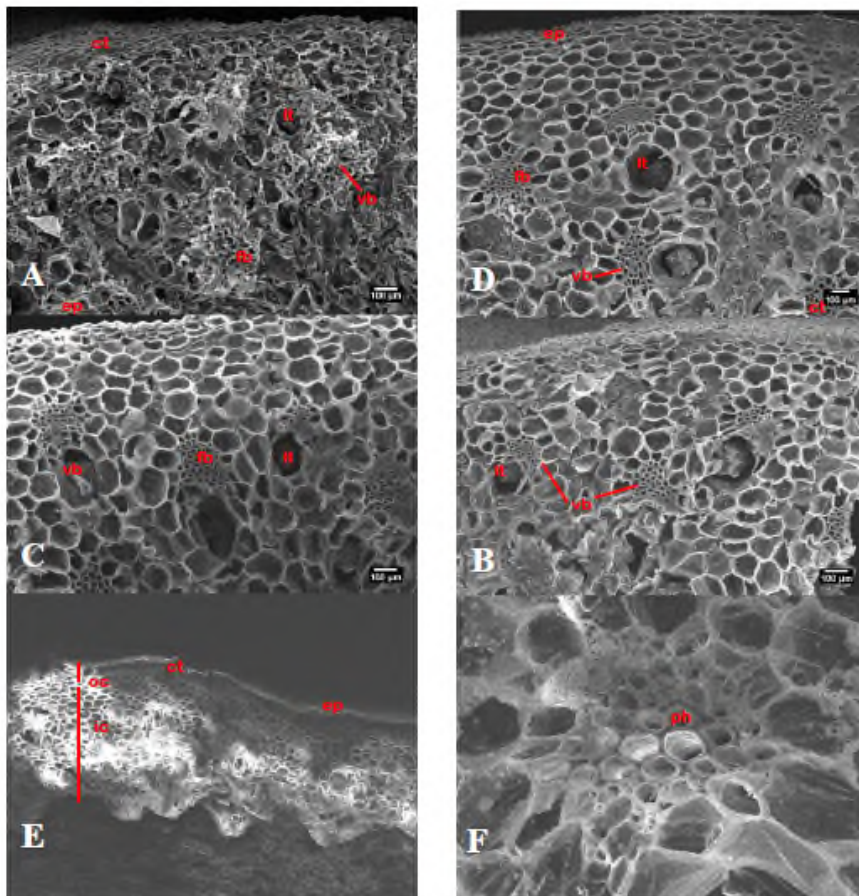
Lignifikasi juga berperan dalam mekanisme resistensi terhadap patogen yang berupaya menembus sel inang. Lignin bersifat lebih elastis karena tidak membentuk untaian-untaian seperti halnya selulosa sehingga mampu melenturkan dinding tanpa harus mengorbankan kekuatan dinding sel. Beberapa jenis penguatan lain yang diproduksi oleh sel-sel inang adalah *papilla*. Papila merupakan deposisi dari callose, silikon, lignin, dan protein yang terletak antara dinding sel dan sel membran. Papila secara aktif dibentuk pada titik penetrasi untuk mengurangi penyebaran hifa menuju sel lain, sementara *lignitubers* merupakan dinding sel yang mengalami lignifikasi untuk menghambat penetrasi hifa masuk ke dalam sel. Lignin juga dapat menyelimuti untaian hifa yang berguna menahan secara fisik, membatasi difusi enzim dan racun patogen, penyerapan air dan nutrisi pada sel inang.

Hydroxyproline-rich glycoproteins adalah protein struktural dinding sel yang terlibat dalam penebalan dinding sel sekunder. Ekspresi gen yang mengatur produksi enzim tersebut diaktifkan sebelum hifa menyebar yang bertujuan memperkuat dinding sel. Penguatan dinding sel cenderung lebih umum dan lebih cepat terbentuk pada inang yang tahan, sedangkan inang yang rentan mengalami hambatan sintesis selulosa dan lignin akibat penetrasi patogen. Peningkatan aktivitas lignifikasi pada dosis ketiga mampu menginduksi penguatan dinding sel sebelum terjadinya infeksi patogen.

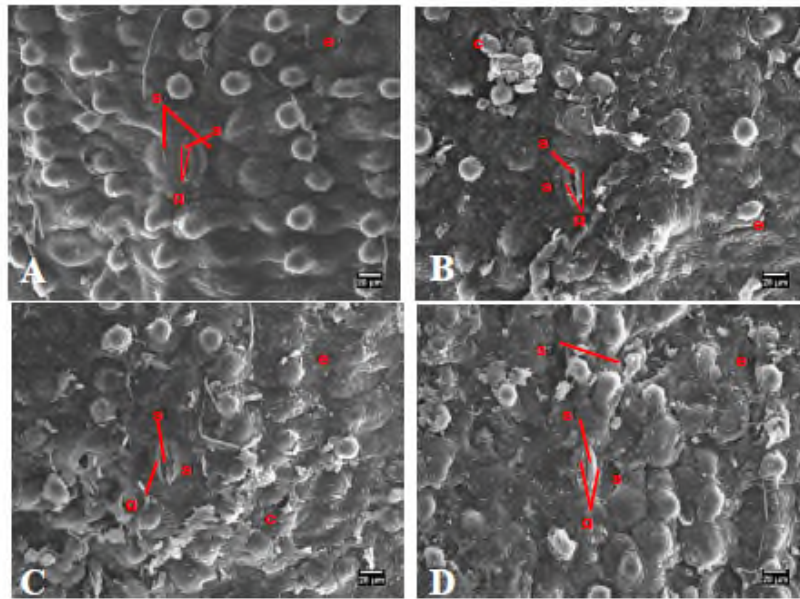
Proses lignifikasi pada perlakuan dosis ketiga menyebabkan perubahan anatomis paling baik, jaringan tersusun paling kokoh, sel-sel terlihat memiliki dinding sel lebih tebal, bagian-bagian tersusun lebih struktural dan rapi (Gambar 3). Jaringan latex atau laticiferus pada perlakuan paket ketiga terlihat memiliki diameter paling besar dari perlakuan lainnya (Gambar 3d). Ditemukan terjadi penebalan

pada bagian kutikula dan stomata kulit buah (Gambar 4c, 4d), hal tersebut disebabkan oleh adanya deposisi silikon yang membentuk lapisan baru pada bagian kulit terluar.

Ketebalan dinding sel pada irisan melintang ketiga perlakuan mengalami peningkatan yang signifikan (Gambar 3). Dinding sel yang menebal merupakan hasil aktivitas perubahan karbohidrat, protein dan polimer-polimer lain yang bersama-sama menyusun dinding sel. Ketebalan dinding fiber juga mengalami peningkatan setelah dilakukan penambahan pada dosis yang sama. Terjadi pebaikan diameter pembuluh angkut, baik xilem maupun floem pada pisang Raja Bulu yang diberi paket pupuk Mg, B, Si. Peningkatan diameter pembuluh angkut meningkatkan kemungkinan pertukaran dan traslokasi mineral dan asimilat semakin besar dari sumber menuju ke lubang sehingga tandan buah yang dibentuk kemungkinan menjadi lebih besar dengan kualitas yang juga lebih baik.

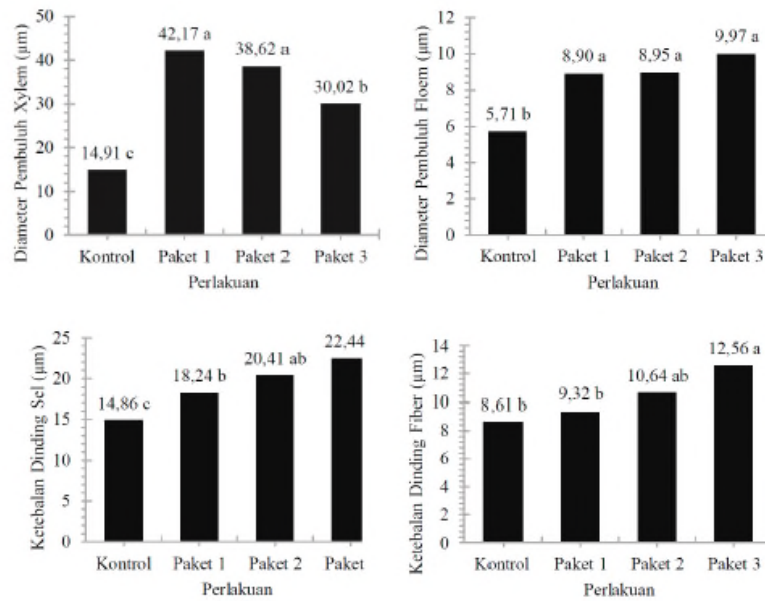


Gambar 3. Penampang melintang jaringan pada kulit buah pisang A) tanaman pisang perlakuan kontrol, B) perlakuan dosis 1, C) perlakuan dosis 2, D) perlakuan dosis 3 dalam perbesaran 100 x; E) Penampang melintang perbesaran 50 x; F) Berkas pengangkut pada kulit pisang perbesaran 350 x. Keterangan : oc = lapisan luar, ic = lapisan dalam, ct = kutikula, ep = epidermis, fb = fiber, vb = berkas pengangkut, lt = laticiferus, ph = floem, xl = xilem.



Gambar 4. Penampang membujur kulit buah pisang A) tanaman pisang perlakuan kontrol, B) perlakuan dosis 1, C) perlakuan dosis 2, D) perlakuan dosis 3 dalam perbesaran 500 x. Keterangan gc = sel penjaga, st = stomata, ct = kutikula, ep = epidermis, th = trikoma, sc = sel subsidiari, sg = silika gel.

Paket pupuk Mg, B, Si memang secara nyata mampu meningkatkan kandungan hara (Tabel 1), kandungan klorofil a, b, dan total (Gambar 1), kandungan pektin, lignin, dan selulosa (Gambar 2), ketebalan dinding sel, ketebalan dinding fiber, diameter xylem, dan diameter floem (Gambar 5) pada tanaman pisang Raja Bulu. Segala bentuk tanggapan positif pisang Raja Bulu terhadap paket pupuk Mg, B, Si tersebut diharapkan mampu memperbaiki kapasitas pembentukan asimilat melalui aktivitas fotosintesis. Produksi asimilat yang melimpah dengan ditunjang oleh ukuran pembuluh xilem dan floem yang lebar diharapkan memperbanyak jumlah asimilat yang ditranslokasikan dalam buah sehingga ukuran dan kualitas buah meningkat. Hanya saja, dari sisi volume buah tidak terjadi kenaikan karena pisang Raja Bulu yang diberi paket pupuk Mg, B, Si memiliki ukuran buah yang sama dengan pisang Raja Bulu tanpa paket pupuk Mg, B, Si. Justru, perubahan yang cukup menonjol terletak pada kualitas buah yang diindikasikan oleh kenaikan kekerasan buah.



Gambar 5. Ketebalan dinding sel, dinding fiber, lebar diameter pembuluh xilem dan floem pada jaringan kulit buah. Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan adanya beda nyata pada taraf 5 % dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Peningkatan produksi asimilat dan juga translokasinya ke dalam buah memang belum mampu menambah ukuran volume buah, namun susunan sel buah menjadi lebih kompak dan isi sel menjadi lebih masif akibat asupan asimilat yang melimpah dari daun maupun kulit buah. Susunan sel yang kompak dan isi sel yang lebih masif, ditunjang sel-sel penyusun buah yang tinggi kandungan pektin, lignin, dan selulosanya, dengan dinding sel dan dinding fiber yang lebih tebal menyebabkan buah menjadi lebih keras khususnya buah yang dihasilkan oleh tanaman yang diberi paket pupuk Mg, B, Si. Buah pisang yang lebih keras mengindikasikan bahwa pengisian buah oleh asimilat berlangsung sempurna sehingga puncak kualitas saat panen dapat tercapai. Di samping itu, buah pisang yang keras diduga memiliki umur simpan yang panjang sehingga kualitas buah dapat dipertahankan lebih lama.

KESIMPULAN

1. Paket pupuk Mg, B, Si pada penambahan 0,34 % Mg^{2+} , 0,05 % $B(OH)_3$, 0,04 % SiO_2 , 0,68 % Mg^{2+} , 0,10 % $B(OH)_3$, 0,08 % SiO_2 , maupun 1,01 % Mg^{2+} , 0,16 % $B(OH)_3$, 0,13 % SiO_2 secara nyata mampu meningkatkan kandungan hara N, P, K, Ca, dan Mg; kandungan klorofil a, b, dan total; kandungan pektin, lignin, dan selulosa; ketebalan dinding sel, ketebalan dinding fiber, diameter xylem, dan diameter floem

2. Paket pupuk Mg, B, Si pada penambahan 0,34 % Mg²⁺, 0,05 % B(OH)₃, 0,04 % SiO₂, 0,68 % Mg²⁺, 0,10 % B(OH)₃, 0,08 % SiO₂, maupun 1,01 % Mg²⁺, 0,16 % B(OH)₃, 0,13 % SiO₂ belum mampu meningkatkan produktivitas pisang Raja Bulu karena pisang Raja Bulu yang diberi paket pupuk Mg, B, Si memiliki ukuran buah yang sama dengan pisang Raja Bulu tanpa paket pupuk Mg, B, Si
3. Paket pupuk Mg, B, Si pada penambahan 0,34 % Mg²⁺, 0,05 % B(OH)₃, 0,04 % SiO₂, 0,68 % Mg²⁺, 0,10 % B(OH)₃, 0,08 % SiO₂, maupun 1,01 % Mg²⁺, 0,16 % B(OH)₃, 0,13 % SiO₂ menyebabkan susunan sel lebih kompak dan isi sel lebih masif, sehingga pengisian buah oleh asimilat berlangsung sempurna dan puncak kualitas saat panen dapat tercapai, buah pisang juga menjadi lebih keras sehingga umur simpannya panjang, dan kualitas buah dapat dipertahankan lebih lama

DAFTAR PUSTAKA

- Epstein, E. and A. J. Bloom. 2004. *Mineral nutrition of plants: principles and perspective*. 2nd Edition. Sinaur Associates, USA.
- Gillman, J. H., D. C. Zlesak, and J. A. Smith. 2003. Applications of potassium silicate decrease black spot infection in *Rosa hybrida* 'Meipelta'. *Horticulture Science*. 38: 1144-1147.
- Kader, A. A. 1992. Quality and Safety Factors : Definitions and evaluation for fresh horticultural crops. In *Postharvest technology of horticultural crops* edited by Adel A. Kader. Publication 3311 University of California, Division of Agriculture and Natural resources, p.:185-189
- Lalithya, K.A., H.P. Bhagya, K. Bharathi dan K. Hipparagi. 2014. Response of soil and foliar application of silicon and micro nutrients on leaf nutrient status of sapota. *The Bioscan*. 9: 159-162.
- Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y.G., and Christie, P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*. 147: 422-428.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Editions. Academic Press, London.
- Marschner, H. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. 3rd Editions. Academic Press, London.
- Mengel K, Kirkby EA, Kosegarten H, Appel T. 2001. *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Mostafa, E. A. M., Saleh, M. M. S. and A. El-Migeed. 2007. Response of banana plants to soil and foliar application of magnesium. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 2: 141-146.
- Purwoko, B., P. Utoro, Mukhtasar, S. S. Harjadi, dan S. Susanto. 2002. Polyamine infiltration inhibited ripening of cavendish banana fruits. *Hayati* 9 (1):19-23.

- Putra, E.T.S. 2011. *Weak neck problem in Musa sp. cv. rastali populations in relation to magnesium, boron and silicon availability*. Disertasi. Faculty of Agriculture, University Putra Malaysia, Malaysia.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. *Soil fertility and fertilizers*. 3rd. McMilan Publishing Co., New York.