

Induksi Kekebalan Sistemik Untuk Mencegah Penyakit Pembuluh Kayu pada Bibit Kakao Melalui Aplikasi Boron dan Silikon

Systemic Inducing Resistance on Cocoa Seedling Against Vascular Streak Dieback By Boron and Silicon Application

F. Yuliasmara*¹⁾, Sri-Sukamto¹⁾ dan A. Adi Prawoto¹⁾

Ringkasan

Salah satu penyakit utama tanaman kakao saat ini adalah penyakit pembuluh kayu (*vascular streak dieback/PPK*) yang disebabkan oleh jamur *Oncobasidium theobromae*. Serangan yang berat dari jamur tersebut dapat menyebabkan kematian tanaman, dan pada tanaman belum menghasilkan dapat menyebabkan kematian hingga 70%. Pengendalian penyakit ini secara mekanis, kultur teknis maupun kimiawi belum memberikan hasil yang memuaskan. Pembentukan ketahanan alami tanaman dapat menjadi alternatif untuk menekan tingkat serangan PPK. Boron dan silikon merupakan unsur esensial yang dapat digunakan membangun ketahanan alami tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh boron dan silikon terhadap intensitas serangan PPK pada tanaman kakao. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur. Percobaan diatur dengan rancangan acak kelompok lengkap dua faktor dan lima ulangan. Faktor pertama yaitu faktor jenis unsur ketahanan yaitu unsur boron dalam bentuk H_3BO_3 dan unsur silikon dalam bentuk $Si(OH)_4$. Faktor kedua adalah konsentrasi unsur yaitu 75 ppm, 150 ppm, 300 ppm dan 0 ppm sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi boron dan silikon dengan metode penyemprotan lewat tajuk tanaman meningkatkan kandungan unsur boron dan silikon pada pucuk tanaman. Aplikasi boron dapat meningkatkan kandungan polifenol, selulosa dan lignin sedangkan aplikasi silikon tidak berpengaruh pada konsentrasi polifenol dan lignin namun pada konsentrasi 75 ppm meningkatkan kandungan selulosa. Aplikasi boron menurunkan serangan PPK pada bibit kakao sedangkan aplikasi silikon tidak menunjukkan pengaruh terhadap penurunan serangan PPK. Aplikasi boron menghasilkan tanaman dengan pertumbuhan lebih cepat daripada kontrol sedangkan aplikasi silikon tidak menghambat pertumbuhan bibit kakao.

Summary

One of the most important cocoa diseases is vascular streak dieback (VSD), caused by Oncobasidium theobromae. The serious attacks of this disease caused death of the plants more than 70%. Mechanical, culture technique, and chemical control still do not produce satisfactory result. Boron and silicon are essential elements potential to be used to improve natural resistance. This research was conducted to identify the effect of boron and silicon in controlling VSD attack and

Naskah diterima (*received*): 25 Mei 2011, disetujui (*accepted*): 5 Agustus 2011.

1) Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90, Jember, Indonesia.

*) Alamat penulis (*Corresponding Author*): yuliasmara_iccri@yahoo.com

its effect on seedling growth. The research was conducted in Kaliwining Experimental Station of Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute, Jember, East Java. The treatments was designed by randomized completely block design with two factors and five replications. The first factor was boron in form of H_3BO_3 and silicon in form of $Si(OH)_4$. The second factor was concentrations of 75 ppm, 150 ppm, 300 ppm and 0 ppm as a control. The results showed that application of boron and silicon with foliar spray significantly improve those nutrients content in plant shoots. Application of boron improved polyphenol, cellulose and lignin content whereas application of silicon had no effect on the concentration of polyphenol and lignin, but concentration of 75 ppm increased cellulose content. Application of boron significantly decreased VSD disease on cocoa seedlings while application of silicon showed no significant effect on reducing the attack VSD disease. Boron application accelerated plant growth whereas silicon application did not retard seedling growth.

Key words : Systemic, inducing, resistance, boron, silicon, VSD and cocoa.

PENDAHULUAN

Penyakit pembuluh kayu (PPK) ditemukan pertama kali di Indonesia pada tahun 1960-an (Tan, 1992). Infeksi yang berat dilaporkan terjadi di Maluku seluas 2.010 ha, Kalimantan Timur 769 ha, dan ditemukan meluas di tujuh lokasi di Jawa Barat, dua lokasi di Jawa Timur, satu lokasi di Jawa Tengah, Sumatera Utara dan Sulawesi Utara, serta Irian Jaya. Pada tahun 2007 PPK sudah tersebar di 20 provinsi sentra kakao di Indonesia (Halimah & Sri-Sukanto, 2007). Beberapa teknologi pengendalian PPK sampai saat ini belum memberikan hasil yang memuaskan, misalnya anjuran untuk pemangkasan secara periodik terhadap ranting terserang yang merupakan upaya untuk menekan perkembangan basidiospora dari jamur penyebab penyakit ini (Keane, 2000), penggunaan bahan tanam tahan juga masih terbatas (Suhendi & Susilo, 2001). Pengendalian secara kimiawi dengan fungisida sistemik golongan bitertanol (Chung *cit.* Varghese *et al.*, 1992), triadimenol, metalaxyl dan propiconazole (Achmad & Yusof, 2005), serta triazole (Varghese *et al.*, 1992) ternyata hanya mampu mengurangi intensitas penyakit

pada fase bibit. Hingga saat ini, belum ditemukan sistem pengendalian yang tepat bagi PPK. Hal ini disebabkan oleh karena *O. theobromae* tidak dapat bersporulasi pada media buatan karena sifat jamur yang obligat parasit. Spora dapat bertahan dan bersporulasi tergantung pada tersedianya air dan kondisi yang gelap dan hanya dapat melakukan penetrasi pada tunas daun muda (*flush*) (Efron *et al.*, 1999).

Ketahanan alami merupakan sifat ketahanan yang dibawa oleh tanaman dan dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Ketahanan alami tanaman dapat berupa ketahanan mekanik dengan perubahan struktur organ atau jaringan dengan akumulasi lignin atau selulosa atau ketahanan biokhemis dengan sintesis unsur ketahanan misalnya senyawa polifenol atau tanin (Marschner, 1990).

Secara garis besar terdapat dua fungsi hara mineral, yaitu struktural sebagai penyusun sel, jaringan atau struktur kimia tanaman, dan fungsi sebagai aktivator sejumlah enzim. Terdapat beberapa unsur yang berpotensi dapat meningkatkan ketahanan alami tanaman yaitu Si, K, Ca, Mn dan B. Boron dilaporkan berfungsi dalam metabolisme asam nukleat,

karbohidrat, protein, fenol dan auksin. Pada tanaman kakao kandungan boron berkisar 25–70 ppm (Wessel, 1985). Boron diserap tanaman dalam bentuk BO_3 dan berfungsi memperlancar polimerisasi glukosa menjadi selulosa untuk mempertebal dinding sel sehingga lebih tahan serangan hama dan penyakit (Marschner, 1990).

Silikon (Si) merupakan unsur esensial bagi beberapa tanaman dan seringkali menguntungkan tanaman. Si berpengaruh langsung meningkatkan ketahanan terhadap penyakit, khususnya ketahanan terhadap jamur (Benton, 1998). Beberapa kajian menjelaskan bahwa Si dapat meningkatkan hasil melalui peningkatan efisiensi fotosintesis dan menginduksi ketahanan terhadap hama dan penyakit (Matichenkov & Calvert, 2002). Endapan Si pada sel epidermis daun secara mekanis menghalangi serangan hifa jamur penyebab karat. Si juga mendorong asimilasi ammonium dan menjaga peningkatan kadar nitrogen larut seperti asam-asam amino yang dibutuhkan untuk perbanyakan hifa (Clements, 1965). Si dihipotesiskan bergabung dengan selulosa di daun membentuk membran Si-selulosa, yang dapat melindungi daun dari serangan penyakit (Bollich & Matichenkov, 2002). Selain itu Alexander *et al.* (1971) mengemukakan bahwa Si bergabung dengan gugus fruktosa dari sukrosa sehingga mencegahnya dari metabolisme mikroba. Pengaruh aplikasi beberapa konsentrasi boron dan silikon terhadap serangan penyakit PPK dan pertumbuhan bibit kakao merupakan tujuan penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di KP Kaliwining 45 m dpl., tipe iklim D menurut klasifikasi Schmidt & Ferguson dan di

Laboratorium Tanah dan Kimia Fakultas Pertanian UNIBRAW. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kakao semaian klon ICS 60 umur tiga bulan. Percobaan diatur dengan rancangan acak kelompok lengkap faktorial 2x4 dengan lima ulangan, masing-masing kombinasi perlakuan menggunakan 15 tanaman contoh. Faktor pertama yaitu faktor jenis unsur yaitu boron dalam bentuk H_3BO_3 dan silikon dalam bentuk $\text{Si}(\text{OH})_4$. Faktor kedua adalah konsentrasi unsur yaitu 75 ppm, 150 ppm, 300 ppm dan 0 ppm sebagai kontrol. Larutan boron dan silikon disemprotkan menggunakan semprotan tangan (*handsprayer*) pada pagi hari ke sasaran daun dengan volume semprotan 25 mL per tanaman. Penyemprotan dilakukan dua minggu sekali selama empat bulan. Inokulasi tanaman dilakukan secara alami yaitu dengan meletakkan bibit dibawah pertanaman yang terserang PPK.

Pengamatan parameter pertumbuhan dilakukan setiap dua minggu dengan mengamati jumlah daun, tinggi tanaman dan diameter batang. Pengamatan intensitas serangan PPK dengan melakukan uji belah pada batang bibit tanaman kakao dan mengamati kemungkinan gejala-gejala khusus tanaman yang terserang jamur *O. theobromae* antara lain: 1) daun mengering dan ranting mati, 2) daun menguning dengan bercak-bercak berwarna hijau (biasanya daun tersebut terletak pada seri daun kedua atau ketiga dari titik tumbuh), 3) pada bekas duduk daun bila disayat terlihat 3 buah noktah berwarna coklat kehitaman, 4) bila ranting dibelah membujur terlihat garis-garis coklat pada jaringan xilem yang bermuara pada bekas duduk daun, 5) lentisel di ranting sakit membesar dan relatif kasar, 6) daun menunjukkan gejala nekrosis di antara tulang daun seperti gejala kekurangan unsur kalium (Puslitkoka, 2006; Keane, 2000).

Jika bibit menunjukkan gejala tersebut maka dikategorikan dalam kelompok tanaman yang terserang PPK.

Kadar boron diamati dari komposit contoh daun dengan menggunakan spektrofotometer menurut metode Downing & Strong (1998). Pengamatan dilakukan di Laboratorium Lingkungan FMIPA Universitas Brawijaya. Contoh pucuk tanaman yang berasal dari lapangan sebelum dianalisis terlebih dahulu dicuci dengan air bebas ion untuk menghilangkan debu-debu dan kotoran yang dapat memberikan kesalahan pada hasil analisis kemudian dikeringkan dalam oven berkipas pada suhu 70°C. Contoh yang telah kering kemudian digiling dengan mesin penggiling yang menggunakan saringan dengan kehalusan 0,5 mm. Masing-masing 4 mL ekstrak contoh dan deret standar boron dipipet ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 1 mL larutan sangga dan dikocok. Kemudian ditambahkan 1 mL Azomethine-H, dikocok dan dibiarkan 1 jam. Boron dalam larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 430 nm.

Kadar Si diukur pada bagian pucuk tanaman pada semua perlakuan dengan menggunakan metode grafimetri (Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Brawijaya). Contoh yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam gelas piala volume 150 mL kemudian ditambah dengan 25 mL HCl (1:1). Larutan dididihkan selama 15 menit sampai larut kemudian larutan diencerkan dengan air bebas ion dan disaring dengan kertas saring tak berabu. Endapan yang dihasilkan dicuci dengan air bebas ion panas sampai bebas klorida. Endapan dan kertas saring dimasukkan ke dalam cawan platina yang telah diketahui beratnya kemudian dipijarkan dalam tanur pada 1.000 °C selama 15 menit. Abu yang

dihasilkan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang beratnya dan dicatat sebagai W1. Selanjutnya abu ditambahkan beberapa tetes HF dan 1 tetes H₂SO₄ pekat, dipanaskan di atas *hot plate* kemudian pijarkan dalam tanur pada 1.000°C selama 15 menit. Abu didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang dan dicatat sebagai W2.

$$\text{Kadar SiO}_2 = (W1-W2)/W \times 100\%$$

Keterangan

- W1 = berat endapan setelah pemijaran pertama (g)
- W2 = berat endapan setelah pemijaran kedua (g)
- W = berat contoh (g)

Variabel lain yang diamati adalah kadar selulosa, lignin, dan polifenol dalam daun menurut metode Taga *et al.* (1984) dan dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian UNIBRAW.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dugaan mekanisme meningkatnya ketahanan bibit kakao terhadap PPK, dikaitkan dengan akumulasi unsur B dan Si, polifenol, lignin, serta selulosa di dalam jaringan daun. Peran boron dalam metabolisme tanaman telah dinyatakan oleh Pilbeam & Kirkby (1983), bahwa defisiensi B mengganggu metabolisme karbohidrat, asam nukleat, dan mempengaruhi metabolisme auksin serta fenol. Keberadaan boron penting untuk memelihara integritas membran sel, dan sejumlah gejala defisiensi B merupakan pengaruh sekunder yang diakibatkan oleh perubahan permeabilitas membran. Boron membantu kelancaran pengangkutan asimilat dari sumber (*source*) menuju bagian rosot (*sink*) tanaman (Wijaya, 2007). Silikon berperan penting dalam menaikkan ketahanan alami tanaman (Okuda & Takahashi *cit.* Marschner,

1990; Takahashi & Miyako *cit.* Wijaya, 2007). Menurut Benton (1998), dua pengaruh langsung Si pada tanaman adalah peningkatan ketahanan alami tanaman terhadap penyakit khususnya ketahanan terhadap jamur, peningkatan toleransi tanaman terhadap Al dan Fe. Di samping itu Savant *et al.* (1999) juga menyatakan bahwa silikon berperan penting dalam menyusun dinding sel, tahan serangan serangga dan patogen, mengurangi kehilangan air akibat evapotranspirasi, mengurangi toksisitas logam berat, dan merupakan unsur esensial untuk perkembangan normal beberapa spesies tanaman.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar B dalam daun pada kontrol sebesar 11,4 ppm merupakan ambang defisien menurut kriteria Wessel (1985). Kadar B daun kakao dinyatakan optimum pada kisaran pada 25–70 ppm sedangkan kadar yang defisien berkisar pada 8,5–11 ppm. Aplikasi B dengan konsentrasi 300 ppm meningkatkan kadar B dalam daun menjadi 19,53 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa kakao bukan merupakan spesies akumulator boron karena tanaman yang bersifat akumulator (misal *Pisum sativum*), kadar B dalam

daun dapat mencapai 50–300 ppm dan konsentrasi lebih dari 500 ppm berpotensi berdampak meracun (Salinas *et al.*, 1985). Dari hasil penelitian terlihat bahwa kadar boron semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi unsur yang di aplikasikan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Ben-Gal (2007) yang menyimpulkan bahwa pada banyak spesies tanaman, terserapnya B lewat daun lebih efektif daripada lewat akar.

Akumulasi silikon pada jaringan daun tanaman juga menunjukkan kecenderungan peningkatan. Pada beberapa tanaman silikon tidak dianggap sebagai nutrisi tanaman esensial karena kebanyakan tanaman dapat tumbuh normal tanpa harus ada silikon. Hal tersebut diduga menyebabkan pengaruh silikon lebih terlihat pada konsentrasi rendah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur boron merupakan induktor biosintesis polifenol, karena kadar polifenol di dalam daun kakao cenderung naik dengan meningkatnya konsentrasi B yang di aplikasikan dari 0 ppm ke 300 ppm (Table 2). Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Vance *et al. cit* Wijaya (2007) yang menyatakan bahwa boron juga

Tabel 1. Akumulasi unsur penginduksi ketahanan alami dalam daun tanaman kakao setelah aplikasi
 Table 1. Accumulation of natural resistance induced nutrient in cocoa leaf after application

Unsur <i>Nutrient</i>	Konsentrasi <i>Concentration</i>	Kadar unsur pada daun, ppm <i>Nutrient content in leaf, ppm</i>
Boron	0 ppm	11.40 b
	75 ppm	12.26 b
	150 ppm	16.02 ab
	300 ppm	19.53 a
Silikon	0 ppm	1.10 b
	75 ppm	1.03 b
	150 ppm	1.25 ab
	300 ppm	1.48 a

Keterangan (*Notes*): Data pada kolom dan jenis unsur yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Dunnett (*Data in the same column and the same nutrient followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Dunnett*).

Tabel 2. Pengaruh aplikasi boron dan silikon terhadap kadar polifenol, lignin, dan selulosa dalam daun kakao

Table 2. Effect of boron and silicon application on the content of polyphenol, lignin, and cellulose in cocoa self

Unsur Nutrient	Konsentrasi Concentration	Polifenol, % Polyphenol, %	Lignin, % Lignin, %	Selulosa Cellulose, %
Boron	0 ppm	2.70 b	23.2 b	23.5 b
	75 ppm	3.18 ab	31.0 a	24.2 b
	150 ppm	3.79 a	27.3 ab	24.6 b
	300 ppm	4.25 a	24.4 b	29.8 a
Silikon	0 ppm	2.90 b	24.6 b	24.2 b
	75 ppm	2.70 b	23.7 b	29.5 a
	150 ppm	2.90 b	23.0 b	26.9 ab
	300 ppm	2.90 b	22.8 b	25.2 ab

Keterangan (Notes): Data pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT (Data in the same columns followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to DMRT).

dapat memacu sintesis polifenol pada jaringan yang terluka. Polifenol merupakan senyawa aromatik alami dengan kelompok kimiawi yang utama adalah fenol sederhana, asam fenolat, fenilpropanoid, kumarin, flavonoid dan tanin. Di dalam tanaman, fitofenolik dapat bertindak sebagai antioksidan dengan mendonorkan elektron ke tipe guaiakol peroksidase untuk menetralkan H₂O₂ yang diproduksi dalam kondisi tercekam, agar tidak meracun. Dengan demikian, senyawa fenol di dalam tanaman dapat membentuk sistem antioksidan (Sakihama *et al.*, 2002). Ketahanan alami tanaman selada melawan aphid secara positif dipengaruhi oleh kandungan total fenol dan adanya asam isoklorogenik yang tinggi (Leszczynski, 1998). Hal yang sama dilaporkan Abo-Elyousr *et al.* (2009) bahwa meningkatnya kadar fenol bebas berkorelasi positif dengan meningkatnya ketahanan tanaman kapas terhadap penyakit *Fusarium oxysporum* dan *Pythium debaryanum*. Meningkatnya ketahanan tersebut terjadi akibat aplikasi penginduksi ketahanan alami dari luar. Akumulasi polifenol juga merupakan indikasi kondisi yang tercekam. Rivero *et al.* (2001) menyatakan bahwa pada

cekaman suhu yang tinggi, tanaman melon dan tomat mengakumulasi polifenol terlarut lebih banyak sebagai akibat dari peningkatan biosintesis maupun penghambatan oksidasinya. Abdel-Farid *et al.* (2009) juga menyatakan hadirnya metabolit dalam daun tanaman *Brassica rapa*, seperti fenilpropanoid, flavonoid, berasosiasi kuat dengan infeksi jamur, dan perbedaan macam metabolit berkaitan dengan jenis jamur yang menginfeksi. Mekanisme meningkatnya ketahanan tanaman disebabkan oleh meningkatnya aktivitas asam shikimat, jalur fenilpropanoid dan sintesis sejumlah senyawa fenol. Dijumpai korelasi positif antara induksi senyawa fenol dan induksi ketahanan tanaman terhadap *S. sclerotiorum* (Sarma *et al.*, 2007).

Pada perlakuan aplikasi silikon tidak terjadi peningkatan kandungan polifenol secara signifikan pada daun tanaman sehingga diduga bahwa unsur silikon bukan merupakan induktor biosintesis polifenol.

Lignin merupakan polimer fenol dalam dinding sel, bersama selulosa menyebabkan kokohnya jaringan atau organ yang mengandungnya. Dalam

tumbuhan berkayu, kadarnya dapat mencapai 30%. Kandungan lignin yang tinggi pada dinding sel tanaman, menyebabkan struktur dinding sel tanaman menjadi lebih kompak dan kuat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Killhan (1999), yang menyatakan bahwa lignin memiliki struktur yang kompak (*disorder*). Lignin memiliki struktur yang kompak karena terjadi permutasi yang ikut dalam pembentukan ikatan berulang. Unit-unitnya terikat kuat, membuat lignin sangat resisten terhadap mikroba perombak (Killhan, 1999). Struktur acak lignin dan ikatan yang kuat membuat lignin sangat resisten terhadap mikroba. Kandungan lignin tertinggi terjadi pada aplikasi boron 75 ppm dan semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi boron. Penurunan tersebut merupakan bentuk strategi tanaman untuk menghambat transpor radial air beserta B ke arah jaringan konduktif. Aplikasi boron 2 mM menginduksi deposisi lignin di dalam akar sebagai hasil dari meningkatnya aktivitas polifenol oksidase, guaiakol peroksidase, dan siringaldesin peroksidase (Killhan, 1999), sedangkan pada aplikasi silikon sampai dengan konsentrasi 300 ppm tidak mengakibatkan perubahan kandungan lignin pada daun tanaman kakao. Pada perlakuan aplikasi boron maupun silikon tidak terdapat beda nyata antarperlakuan. Hal tersebut diduga berkaitan dengan belum berjalannya proses lignifikasi pada pucuk bibit tanaman kakao yang merupakan jaringan meristem.

Kandungan selulosa pada daun kakao mengalami peningkatan yang signifikan terhadap kontrol seiring dengan kenaikan unsur boron yang diaplikasikan. Kandungan selulosa pada perlakuan kontrol adalah 23,5 ppm sedangkan pada aplikasi boron 300 ppm meningkat menjadi 29,8 ppm. Selulosa merupakan unsur utama penyusun

dinding sel tanaman dan tingkat rigiditasnya ditentukan oleh deposit lignin. Selulosa merupakan polimer glukosa dengan 2.000–27.000 unit glukosa tergantung pada jenis tanamannya. Unsur boron dinyatakan berfungsi membantu sintesis glukosa dan karbohidrat sehingga penting untuk perkembangan tunas dan buah (Warmada & Titisari, 2004). Boron membantu biosintesis sukrosa dan transportasinya ke organ yang memerlukan. Aplikasi silikon pada konsentrasi rendah yaitu 75 ppm menghasilkan kadar selulosa yang paling tinggi yaitu 29,5 ppm namun mengalami penurunan seiring dengan pertambahan konsentrasi. Adanya konsentrasi yang optimum khususnya bagi hara mikro adalah logis karena pada konsentrasi rendah lazimnya bersifat memacu tetapi konsentrasi tinggi meracuni. Aplikasi silikon pada beberapa tanaman dapat memperkuat sel-sel epidermis yang berperan penting sebagai pelindung fisik. Kandungan selulosa yang cukup tinggi berpengaruh terhadap meningkatnya kekompakan struktur dinding sel daun. Kondisi ini sangat menguntungkan bagi tanaman, khususnya dalam menahan penetrasi hifa *Oncobasidium theobromae* masuk menembus dinding sel daun hingga mencapai xilem. Hal ini sesuai dengan pernyataan Clements (1965) yang menyatakan Si dapat bergabung dengan selulosa di daun membentuk membran Si-selulosa, yang dapat melindungi daun dari serangan penyakit. Dengan demikian deposit Si pada sel epidermis daun secara mekanis menghalangi serangan hifa jamur penyebab karat. Selain itu Si juga dapat mengendalikan perbanyakan hifa dengan cara menjaga dan mengendalikan peningkatan kadar nitrogen larut seperti asam-asam amino yang dibutuhkan untuk perbanyakan hifa (Clements, 1965). Selain itu Si dapat membentuk senyawa

Tabel 3. Hubungan antara konsentrasi metabolit sekunder vs serangan PPK

Table 3. Corellation between concentrations of secondary methabolit vs PPK infection

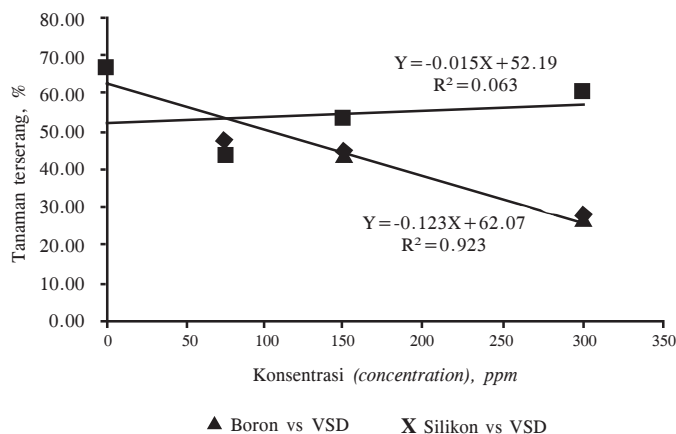
Variabel Variable	Persamaan Equation	Koefisien korelasi Correlation coefficient
Polifenol vs Serangan PPK	$y = -0.035x + 4.939$	- 0.644
Lignin vs Serangan PPK	$y = -0.065x + 28.29$	- 0.088
Selulosa vs Serangan PPK	$y = -0.142x + 33.13$	- 0.542

organosilika yang meningkatkan stabilitas dinding sel terhadap degradasi enzimatik (Volk *et al. cit.* Wijaya, 2007).

Korelasi antara polifenol dengan tingkat serangan PPK menunjukkan nilai $R^2 = -0,644$ (Tabel 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan polifenol pada pucuk ternyata dapat mengurangi intensitas serangan PPK pada kakao. Polifenol merupakan senyawa kimia yang terbentuk melalui proses metabolisme sekunder. Polifenol termasuk senyawa yang penting untuk membangun ketahanan biokimia. Perubahan fisiologis dan biokimia dalam tanaman termasuk di dalamnya polifenol dapat dikatakan sebagai substansi penghambat dan penolak gangguan (Marschner, 1990). Dengan demikian secara menyeluruh keberadaan polifenol berpengaruh langsung terhadap penurunan tingkat serangan PPK pada tanaman kakao.

Hubungan antara kadar selulosa dengan serangan PPK menghasilkan nilai $R = -0,542$. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi selulosa menyebabkan penurunan serangan PPK. Selulosa merupakan bagian penting dalam membentuk ketahanan alami tanaman yaitu ketahanan mekanik, struktural dan anatomi. Selulosa merupakan senyawa kimia yang berperan penting dalam membangun anatomi dinding sel yang kompak dan kuat. Dengan struktur dan anatomi dinding sel yang kompak dan kuat, maka dapat menjadi hambatan bagi jasad pengganggu termasuk *Oncobasidium theobromae*. Korelasi antara kadar lignin dengan indeks penyakit PPK adalah negatif lemah $R = -0.088$, diduga karena pada bagian pucuk tanaman proses lignifikasi belum berlangsung secara optimal.

Hubungan antara konsentrasi aplikasi boron dan silikon dengan serangan PPK terlihat pada Gambar 1. Hubungan



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi silikon dan boron vs serangan *Oncobasidium theobromae*.

Figure 1. Correlation between silikon and boron concentration vs *Oncobasidium theobromae* infections.

konsentrasi boron dengan serangan PPK adalah negatif kuat dengan nilai $R^2 = -0,923$ yang berarti semakin tinggi konsentrasi boron yang diaplikasikan menghasilkan serangan PPK yang semakin rendah. Sedangkan silikon menunjukkan nilai R^2 yang sangat kecil yaitu 0.063 yang menunjukkan bahwa aplikasi silikon tidak berpengaruh terhadap persentase serangan PPK.

Unsur mikro boron dan silikon selain berfungsi sebagai unsur ketahanan juga dapat berfungsi sebagai pupuk mikro yang dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao. Bibit kakao yang diaplikasikan boron sampai dengan konsentrasi 300 ppm menunjukkan kecenderungan lebih jagur daripada kontrol (Tabel 4). Hal tersebut terlihat dari parameter tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun. Boron dilaporkan berfungsi dalam metabolisme asam nukleat, karbohidrat, protein, fenol dan auksin. Di samping itu boron juga berfungsi dalam pembelahan sel, pemanjangan dan diferensiasi sel, permeabilitas membran dan perkecambahan serbuk sari. Gejala defisiensi boron antara lain tampak dari pertumbuhan pucuk yang terhambat

(*die-back*). Di lain pihak, akumulasi boron yang berlebih menyebabkan keracunan tanaman, dengan gejala intervenial nekrosis dan beberapa spesies menghindarinya melalui mekanisme gutasi (Yukamgo & Yuwono, 2007). Aplikasi silikon menunjukkan kecenderungan peningkatan pertumbuhan bibit tanaman kakao sampai dengan konsentrasi 75 ppm. Pada konsentrasi 150 ppm dan 300 ppm terjadi penurunan kecepatan tumbuh yang ditandai oleh diameter batang yang lebih kecil daripada kontrol, namun pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun tidak menunjukkan perbedaan dengan kontrol. Adanya konsentrasi yang optimum khususnya bagi hara mikro adalah logis karena pada konsentrasi rendah lazimnya bersifat memacu tetapi konsentrasi tinggi meracun. Beberapa tanaman dapat mengakumulasi Si dengan konsentrasi lebih tinggi daripada kebanyakan unsur makro esensial dan terdapat pengaruh pertumbuhan yang positif pada tanaman jika terdapat Si di dalamnya. Si juga dapat meningkatkan berat kering dan produksi, mempertinggi penyerbukan. Beberapa pengaruh yang menguntungkan dari Si antara lain dapat mereduksi timbulnya

Tabel 4. Pengaruh aplikasi boron dan silikon terhadap pertumbuhan bibit kakao

Table 4. Effect of boron and silicon applications on cacao seedling growth

Unsur <i>Nutrient</i>	Konsentrasi <i>Concentration</i>	Jumlah daun <i>Number of leaf</i>	Tinggi tanaman, cm <i>Plant height, cm</i>	Diameter batang, mm <i>Stem diameter, mm</i>
Boron	0 ppm	15.27 a	37.18 b	7.6 b
	75 ppm	14.90 a	46.21 a	8.4 ab
	150 ppm	16.37 a	48.75 a	8.6 a
	300 ppm	15.27 a	44.66 ab	8.1 ab
Silikon	0 ppm	13.27 a	39.05 a	7.1 b
	75 ppm	16.57 a	41.27 a	7.9 a
	150 ppm	14.17 a	35.12 a	7.4 ab
	300 ppm	13.03 a	34.14 a	7.1 ab

Keterangan (*Notes*): Data pada kolom dan unsur yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT (*Data in the same column and nutrient followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to DMRT*).

toksisitas unsur mikro dan logam, yang dapat terjadi jika serapan Si kurang dari jumlah yang dibutuhkan. Si juga dapat mengurangi ketidak-seimbangan antara ketersediaan Zn dan P (Frantz, 2005).

KESIMPULAN

1. Aplikasi boron dan silikon lewat daun tersebut meningkatkan kandungan unsur tersebut pada pucuk bibit kakao.
2. Kandungan polifenol, selulosa dan lignin daun meningkat dengan aplikasi boron sedangkan aplikasi silikon tidak berpengaruh pada konsentrasi polifenol dan lignin namun pada konsentrasi 75 ppm meningkatkan kandungan selulosa.
3. Aplikasi boron sampai dengan konsentrasi 300 ppm meningkatkan pertumbuhan bibit kakao sedangkan aplikasi silikon tidak menghambat pertumbuhan bibit kakao.
4. Aplikasi boron menurunkan persentase tanaman terinfeksi PPK sedangkan aplikasi silikon tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan persentase tanaman terinfeksi PPK.
5. Persentase tanaman terinfeksi PPK paling rendah pada aplikasi boron 300 ppm berbeda nyata dibanding kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Farid, I.B.; M. Jahangir; C.A.M.J.J. van den Hondel; H.K. Kim; Y.H. Choi & R. Verpoorte. (2009). Fungal infection-induced metabolites in *Brassica rapa*. *Plant Science*, 176, 608–615.
- Abo-Elyousr, K.A.M.; M. Hashem & E.H. Ali (2009). Integrated control of cotton root rot disease by mixing fungal biocontrol agents and resistance inducers. *Crop Protection*, 28, 295–301.
- Achmad, A.C. & O. Yusof. (2005). *Trunk Injection with Selected Systemic Chemicals to Control Vascular Streak Disease of Cocoa*. In Presentation on MCB.
- Alexander, A.G.; N.A. Diaz & R.M. Zapata (1971). Inversion control in sugarcane juice with sodium metasilicate. *Proceedings International Society Sugar Cane Technologist*. 14, 794–804.
- Ben-Gal, A. (2007). The contribution of foliar exposure to boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 1705–1716.
- Benton, J. (1998). *Plant Nutrition*. CRC Press Boca Raton Boston, London, New York, Washington.
- Bollich, P.K. & V.V. Matichenkov (2002). Silicon status of selected Louisiana rice and sugarcane soils. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata, Japan, 50–53.
- Clements, H.F. (1965). Effects of silicate on the growth and freckle of sugarcane in Hawaii. *Proceedings International Society Sugar Cane Technologist*, 12, 197–215.
- Downing, R.G. & P.L. Strong (1998). A round-robin determination of boron in botanical and biological samples. *Biology*, 66, 23–37.
- Efron, Y.; P. Epaina; M. Faure & J. Marfu (1999). *An Overview of PNG's Experience in Breeding and Improvement of Cocoa, Theobroma cacao L. Selection for resistance and Quality in Cocoa Indonesia*. ACIAR.
- Frantz, J. (2005). Silicon is deposited in leaves of New Guinea impatiens. *Plant Health Progress*.
- Halimah, D. & Sri-Sukanto (2007). Intensitas penyakit *vascular streak dieback* pada sejumlah klon kakao koleksi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. *Pelita Perkebunan*, 23, 118–128.

- Keane, P.J. (2000). *Biology and Control of Vascular Streak Dieback of Cocoa*. Department of Botany, La Trobe University, Bundoora, Victoria, Australia.
- Killhan, K. (1999). *Soil Ecology*. The Press Syndicate of The University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.
- Leszczynski, B. (1998). Plant allelochemical in aphids management. *Allelopathy Update Journal*, 37, 704–708.
- Marschner, H. (1990). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, Harcourt Brace Jovonovich Pub., London.
- Matichenkov, V.V & D.V. Calvert (2002). Silicon as beneficial element for sugar cane. *Journal American Society of Sugarcane Technologist*, 22, 21–30.
- Percival, G.C.; K. Noviss & I. Haynes (2009). Field evaluation of systemic inducing resistance chemicals at different growth stages for the control of apple (*Venturia inaequalis*) and pear (*Venturia pirina*) scab. *Crop Protection*, 28, 629–633.
- Pilbeam, D.J. & E.A. Kirkby (1983). The physiological role of boron in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 6, 563–582.
- Ploetz, R.C. (2007). Symposium Cacao Diseases: Important Threats to Chocolate Production Worldwide. *Phytopathology*, 97, 1634–1639.
- Puslitkoka (2006). *Panduan Lengkap Budidaya Kakao*. Agromedia Pustaka, Jakarta, Indonesia.
- Reuveni, R. & M. Reuveni (1998). Foliar-fertilizer therapy-a concept in integrated pest management. *Crop Protection*, 17, 111–118.
- Rivero, R.M.; J.M. Ruiz; P.C. García; L.R. López-Lefebre; E. Sánchez & L. Romero (2001). Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, 150, 315–321.
- Sakihama, Y.; M.F. Cohen; S.C. Grace & H. Yamasaki (2002). Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology*, 177, 67–80.
- Salinas. F.; A. Mufiaos de La Pefia & F. Mufiaos de La Pefia (1985). Determination of boron with chromotropic acid by first-derivatif synchronous spectrofluorimetry. *Journal of Analytical Chemistry*, 361, 43.
- Samuel, T.L. (1998). *Soil Fertility and Fertilizer*. Mac Milan Publishing Company. New York, USA.
- Sarma, B.K.; S.A. Basha; P. Singh & U.P. Singh (2007). Use of non-conventional chemicals as an alternative approach to protect chickpea (*Cicer arietinum*) from *Sclerotinia* stem rot. *Crop Protection*, 26, 1042–1048.
- Savant, N.K.; G.H. Korndofer; L.E. Datnoff & G.H. Snyder (1999). Silicon nutrition and sugarcane production: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 22, 1843–1903.
- Suhendi, D. & Susilo A.W. (2001). Analisis interaksi genotype dan lingkungan terhadap pembungaan dan pembuahan awal tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 17, 41–48.
- Taga, M.S.; E.E. Miller & D.E. Pratt (1984). Chia seed as source of natural lipid antioksidant. *Journal of American Oil Chemistry*, 61, 928–931.
- Tan, G.Y. (1992). Cocoa breeding in Papua New Guinea and its relevance to pest and disease control. p. 117–128. **In:** P.J. Keane & C.A.J. Putter (Eds). *Cocoa Pest and Diseases Management in Southeast Asia and Australia*. FAO, Rome.

- Varghese, G.; M.A.Z. Abidin & C.H. Lam (1992) Prospect for chemical control of VSD of cocoa. p.185-190. *In: A.E. Kirkby (Eds) Cocoa Pest and Disease Management in: Shoutheast Asia and Australia*. FAO. Rome.
- Warmada, W. & A.D. Titisari (2004). *Agromineralogi: Mineralogi untuk Ilmu Pertanian*. Fak. Teknik UGM, Yogyakarta.
- Wessel, M. (1985). Shade and nutrions. *Cocoa*. Eds.G.A.R. Wood and R.A. Lass, Essex: Longman Group Ltd.
- Wijaya, K.A. (2007). *Nutrisi Tanaman Sebagai Penentu Kualitas Hasil dan Resistensi Alami Tanaman*. Prestasi Pustaka, Jakarta.
- Yukamgo, E. & N.W. Yuwono (2007). *Peran Silikon Sebagai Unsur Bermanfaat pada Tanaman Tebu*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian UGM.
