

Induksi Ketahanan Tanaman Kakao Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao dengan Aplikasi Silika

Induction of Cocoa Natural Resistancy to Cocoa Pod Borer by Silica Application

Ketut Anom Wijaya^{1*}, A. Adi Prawoto²⁾, dan Syrril Ihromi¹⁾

Ringkasan

Penggerek buah kakao (PBK), merupakan hama yang menimbulkan kerugian bagi pekebun kakao (*Theobroma cacao* L.). Hama ini sukar dikendalikan mengingat siklus pakan yang relatif tidak pernah terputus dan larva berada di dalam buah. Upaya mengendalikannya dengan meningkatkan ketahanan alami tanaman, misalnya dengan aplikasi silika yang dikaji dalam penelitian ini. Penelitian dilaksanakan di kebun Kottablater, Jember, Jawa Timur, menggunakan rancangan acak kelompok, empat ulangan dengan unit penelitian lima tanaman. Konsentrasi Si yang dilarutkan air menjadi perlakuan, yaitu 0% formulasi, 1,5% formulasi, 2,0% formulasi, 2,5% formulasi, dan 3,0% dari formulasi. Sebagai formulasi induk adalah asam silisik 1000 ppm dalam karier tepung tapioka. Penyemprotan dilakukan sebanyak 10 kali dengan frekuensi dua kali dalam seminggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Si mampu menurunkan serangan PBK yang terkait dengan kadar Si dalam kulit buah. Di lain pihak, kadar polifenol, lignin, dan tingkat kekerasan kulit buah berkorelasi positif dengan kadar Si yang diaplikasi. Konsentrasi 3% formulasi merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan intensitas serangan PBK nyata lebih rendah dibanding kontrol.

Summary

Cocoa pod borer (CPB), is a dangerous pest which decrease bean yield and quality. This pest is difficult to be controlled because of the continous presence of its feed, and the larvae living inside the pods. One effort to control this pest is by improving plant resistancy, such as by silica application, which is investigated in this study. The research was conducted in Kottablater estate, Jember, East Java, using randomized completely block design with 4 replications and 5 plants as the experimental unit. Si concentrations used as the treatment, were 0% (control), 1.5%; 2.0%; 2.5% and 3.0% formulation. The standard formulation was 1000 ppm of silicic acid in cassava powder carrier. Application interval was twice a week and replicated 10 times. The result showed that Si application reduced CPB

Diterima (*Received*): 30 September 2009.

1). Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jember, Indonesia.

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

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

infestation where the reduction was related with Si content in pod husk. On the other hand, the content of lignin, polyphenol, and pod husk hardness was correlated with Si concentration. Concentration of 3% formulation was the most effective where CPB infestation was lower compared with control.

Key words : Cocoa pod borer, silica, infestation, concentration, polyphenol, lignin, pod husk hardness.

PENDAHULUAN

Usahatani kakao menghadapi kendala hama dan penyakit yang berpotensi menurunkan produksi sampai 20% dan dapat lebih buruk lagi bila hama dan penyakit tersebut menjadi endemi. Di Amerika Latin, penyakit pada kakao yang disebabkan oleh *Moniliophthora roreri* dan *Moniliophthora perniciosa* menjadi masalah serius, sedangkan di Afrika *cocoa swollen shoot virus* dan busuk buah oleh *Phytophthora megakarya*, dan di Asia oleh *Oncobasidium theobromae*, dan hama *Conopomorpha cramerella* menjadi potensi kendala produksi yang serius (Ploetz, 2007).

Di Indonesia, hama penggerek buah kakao (PBK, *Conopomorpha cramerella*) menjadi salah satu masalah yang serius karena cukup sukar dikendalikan dan sangat merusak biji. Serangan PBK telah menyebar ke seluruh areal pertanaman kakao dengan intensitas serangan yang beragam antarlokasi.

Berbagai upaya untuk mengendalikan hama PBK sudah dilakukan termasuk seleksi bahan tanam tahan. Terhadap pertanaman pada umumnya, penelitian untuk meningkatkan ketahanan alami dengan memberikan asupan hara mineral tertentu, belum banyak dilakukan. Ketahanan alami merupakan ketahanan yang dibawa oleh tanaman dan

dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Ketahanan alami lazimnya dapat diinduksi dengan aplikasi unsur hara mineral, terlebih yang kandungannya kurang. Ketahanan alami tanaman dapat berupa ketahanan mekanik dengan terjadinya perubahan struktur organ atau jaringan melalui akumulasi lignin atau selulosa atau ketahanan biokimia melalui sintesis senyawa ketahanan seperti polifenol dan tanin (Marschner, 1990).

Di wilayah tropika basah seperti di Indonesia yang rata-rata curah hujan dan suhu relatif tinggi, tanah umumnya memiliki kejenuhan basa dan kandungan Si rendah serta mengalami akumulasi aluminium oksida. Proses ini disebut desilikasi. Si dilepaskan dari mineral-mineral yang terlapuk, kemudian terbawa aliran air drainase atau tanaman yang dipanen. Potensi kehilangan Si dari tanah-tanah tropika bisa mencapai 54,2 kg per ha setiap tahun atau 200 kali lebih banyak dibanding AI yang hilang hanya 0,27 kg per ha dalam setahun. Oleh karena itu, dalam rangka menjaga kesuburan tanah, pemupukan Si sebenarnya diperlukan (Yukamgo & Yuwono, 2007).

Salisbury & Ross (1995) menyatakan bahwa pengaruh Si antara lain meningkatkan resistensi tanaman

terhadap serangan hama/penyakit dan mengurangi laju transpirasi. Silika yang tertimbun di dalam dinding sel buah tomat meningkatkan kekerasan buah (Ratnawati, 2005). Silika dilaporkan lebih diperlukan untuk memenuhi kebutuhan ekologis tanaman daripada kebutuhan fisiologis dan biokimia. Pemberian Si dapat menyebabkan kenaikan ketersediaan P karena Si mampu mengganti P yang tersemat. Pemberian Si dapat mengurangi aktivitas Al, Fe, dan Mn sedangkan anion silika dapat menggantikan anion fosfat pada sisi sematan, sehingga P tersemat menjadi tersedia untuk tanaman (Rosmarkam & Nasih, 2002).

Pada banyak kasus, kandungan Si yang cukup dapat memicu daya tahan tanaman untuk melawan cekaman biotik dan abiotik yang mengganggu. Penambahan asupan silika dilaporkan menghambat infeksi dan penyebaran penyakit busuk daun *Phytophthora blight* pada tanaman *Mormodica charantia* (paria) (Heine *et al.*, 2007). Penyakit karat yang disebabkan oleh jamur *Puccinia kuehnii*, bintik hitam oleh *Dimeriella sacchari*, dan penyakit noda cincin yang disebabkan oleh jamur *Helminthosporium sacchari*, dilaporkan juga dapat ditekan dengan pemberian asupan Si yang cukup (Matichenkov & Calvert, 2002).

Mengingat peran positif Si seperti telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran tambahan asupan Si terhadap serangan hama (PBK) dan mencari konsentrasi yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian lapangan dilaksanakan di kebun Kottablater, Jember, Jawa Timur, sedangkan pengamatan laboratorium dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Universitas Jember, Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA dan Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dalam hamparan pertanaman hibrida F1 dewasa, dipilih tanaman yang sedang mendukung minimal 10 buah berukuran panjang 8–12, cm diberi tanda untuk menghindari tertukar dengan buah yang muncul belakangan. Penentuan arah blok percobaan berdasarkan arah perkiraan kesuburan tanah dan faktor lingkungan lainnya.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan perlakuan konsentrasi Si terdiri atas 0%; 1,5%; 2%; 2,5%, dan 3% dari formulasi. Sebagai formulasi dasar adalah asam silisik 1000 ppm dalam tepung tapioka. Masing-masing perlakuan diulang empat kali dengan unit percobaan lima tanaman.

Formulasi induk silika konsentrasi 1000 ppm dibuat dengan cara mencampurkan asam silisik sebanyak 1 g dengan 1 kg tepung tapioka diaduk sampai rata.

Konsentrasi perlakuan yang diuji dibuat dari formulasi induk dan melarutkannya dalam air. Aplikasi menggunakan sprayer dengan sasaran buah yang diberi tanda dan tajuk secara merata. Selama

percobaan, dilakukan penyemprotan sebanyak 10 kali dengan frekuensi aplikasi dua kali seminggu.

Setiap tanaman diamati 5 buah kakao sebagai sampel. Buah kakao sampel dipetik setelah masak (berwarna kuning). Buah diukur bobotnya, panjang dan diameternya. Kekerasan kulit buah diukur menggunakan penetrometer. Kulit buah di luar lapisan sklerotik disayat kemudian jumlah lubang masuk dan lubang keluar larva PBK dihitung. Lubang masuk ditandai dengan ukuran yang sempit sebaliknya lubang keluar ditandai dengan ukuran yang lebar. Buah selanjutnya dipecah, biji sehat dan biji rusak (akibat PBK) dipisah dan dihitung. Kulit buah dirajang halus sebelum dikeringkan dengan oven pada suhu 70°C. Kulit buah kering oven ditepungkan dan selanjutnya dilakukan analisis kandungan Si, lignin dan polifenol.

Hasil pengamatan dianalisis menggunakan sidik ragam pada taraf 5%. Jika terdapat berbeda nyata maka dilakukan uji HSD.

Untuk menguji kekerasan kulit buah digunakan alat penetrometer dengan cara menusukkan jarum penetrometer pada permukaan kulit buah kakao sampai kedalaman 5 mm. Skala yang tercatat menunjukkan besarnya tekanan yang dibutuhkan untuk menusukkan jarum setiap milimeter (g/mm), sehingga semakin besar angka skala yang tercatat menunjukkan kekerasan yang semakin tinggi.

Intensitas serangan PBK dihitung dengan rumus:

$$X = \frac{\text{Jumlah buah terserang}}{\text{Jumlah buah diamati}} \times 100\%$$

Kategori intensitas serangan PBK menurut Lim (1992): > 54% (berat); 12–15% (sedang); < 12% (ringan).

Sementara itu intensitas kerusakan dihitung menurut Wardani *et al.* (1997):

$$\text{Intensitas} = \frac{(0 \times \text{Sh}) + (1 \times \text{R}) + (3 \times \text{S}) + (9 \times \text{B})}{\text{A} \times \text{T}} \times 100\%$$

Keterangan: Sh : jumlah buah tidak terserang (tidak ada biji lengket); R: jumlah buah terserang ringan (biji lengket 1–10%); S: jumlah buah terserang sedang (biji lengket 11–50%); B: jumlah buah terserang berat (biji lengket > 50%). A: nilai skor tertinggi; T: jumlah buah yang diamati.

Analisis Si total pada kulit buah

Pengukuran kadar silika pada jaringan tanaman dilakukan di Laboraturium Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya (UB), Malang menggunakan pereaksi *aquaregia*. Serbuk kulit buah kering dalam bentuk bubuk ditimbang sebanyak 1 g, dipanaskan dalam tanur pada suhu 100°C selama 3 jam selanjutnya didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit. Ke dalam sampel tersebut ditambahkan *aquaregia* sebanyak 5 ml, diaduk sambil dipanaskan di atas kompor sampai semua pereaksi habis menguap. Sampel didinginkan kembali, kemudian ditambahkan HNO₃ encer 2,5 N sebanyak 10 ml, dipanaskan kembali di atas kompor perlahan-lahan selama 5 menit, kemudian didinginkan lagi. Larutan disaring dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml, dibilas dengan air suling

sebanyak 3 kali dengan volume masing-masing 10 ml. Residu bersama kertas saring dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan di dalam tanur selama 2 jam pada suhu 900°C sampai air pada kertas saring menguap semua, kemudian didinginkan di dalam eksikator selama 30 menit. Si yang diperoleh selanjutnya ditimbang. Cawan porselen dipanaskan dalam tanur kemudian ditimbang. Pemanasan dan penimbangan ini dilakukan berkali-kali sampai selisih antara timbangan awal dan akhir terdapat beda maksimum 0,0002 g.

Analisis polifenol

Analisis polifenol dilaksanakan di FMIPA UB. Pereaksi Folin-Denis dibuat dengan melarutkan 25 g sodium *tungstate* + 5 g asam *phosphomolybdic* dan 12,5 ml asam *orthophosphoric* ke dalam 250 ml labu ukur yang berisi 187,5 ml air suling, kemudian di-*reflux* selama 2 jam dan diencerkan menjadi 250 ml dengan air suling.

Standar asam *tannic* dibuat dengan cara melarutkan 0,01 g asam *tannic* ke dalam 100 ml labu ukur dengan air suling, selanjutnya dipipet sebanyak 0, 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 ml dan dimasukkan ke dalam 50 ml kuvet yang berisi 20 ml air suling. Ke dalam setiap kuvet ditambahkan 2,5 ml pereaksi Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17% kemudian dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 760 nm.

Sampel kulit buah kakao kering ditimbang 0,75 g dan diekstrak dengan

20 ml methanol 50% dalam gelas piala 100 ml dan ditutup dengan aluminium foil. Larutan dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 70–80 °C selama 1 jam dan hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring Whatman no. 42 dan dibilas dengan methanol 50% dan diencerkan sampai 50 ml dalam labu ukur. Dari ekstrak tersebut dipipet 1 ml dimasukkan ke dalam kuvet 50 ml dan ditambahkan 20 ml air suling, 2,5 pereaksi Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17%, kemudian diencerkan sampai 50 ml dengan air suling dan didiamkan selama 20 menit. Absorbansinya dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 760 nm.

Analisis lignin

Analisis lignin dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Disiapkan pereaksi larutan detergen asam (8 g CTAB *centyltri-methyl-ammonium bromide* dilarutkan dalam 400 ml H_2SO_4 0,5 M), larutan anti busa dan *silicon antifoam* 30%; H_2SO_4 72% (720 ml H_2SO_4 pekat dilarutkan dalam air suling sampai mencapai volume 1000 ml).

Sampel bubuk kulit buah kakao kering ditimbang 0,5 g (W1) dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml, dan ditambahkan 25 ml larutan detergen asam dan 1 ml larutan anti busa. Larutan dipanaskan pada suhu 150°C selama 1 jam. Pada awal pembuihan, suhu diturunkan sambil digoyang-goyang untuk beberapa waktu. Ekstrak disaring ke dalam *filter-glass crucible* dan dicuci dengan aseton satu kali disusul dengan air panas sampai tidak

berwama. *Crucible* dengan isinya dioven pada suhu 150°C selama 24 jam dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang (W2). *Crucible* dan isinya ditempatkan dalam gelas piala dan ditambahkan H₂SO₄ 72% secukupnya sampai setengah dari volume *crucible* dan didiamkan selama 3–4 jam. Dengan menggunakan pompa vakum, dilakukan pembilasan dan setelah bersih dibilas dengan air panas sampai tidak ada asam (tidak berwarna dan tidak berbuih). *Crucible* dan isinya dioven pada suhu 150°C selama 24 jam, didinginkan dan ditimbang (W3), sedangkan isinya diabukan pada suhu 150°C untuk waktu 4–5 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang (W4).

Perhitungan:

$$\text{ADF (\%)} = \frac{(W2 - W1)}{W1} \times 100$$

$$\text{ADL (\%)} = \frac{(W3 - W4)}{W1} \times 100$$

Keterangan:

ADF : *Acid Detergent Fiber*

ADL : *Acid Detergent Lignin*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Silika bukan merupakan unsur yang penting bagi tanaman, tetapi hampir semua tanaman mengandung Si dalam kadar yang berbeda-beda dan pada spesies tertentu kandungannya sering sangat tinggi. Walaupun tidak termasuk hara esensial, Si dapat menaikkan produksi karena Si mampu memperbaiki sifat fisik tanaman dan berpengaruh terhadap kelarutan P dalam tanah. Pada tanaman padi misalnya,

kadar Si sangat tinggi dan melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S). Apabila kadar SiO₂ kurang dari 5% maka tanaman padi tidak tegak dan mudah roboh. Robohnya tanaman menyebabkan turunnya produksi, dengan demikian pada kasus tertentu, pemupukan Si mampu menaikkan produksi (Yukamgo & Yuwono, 2002).

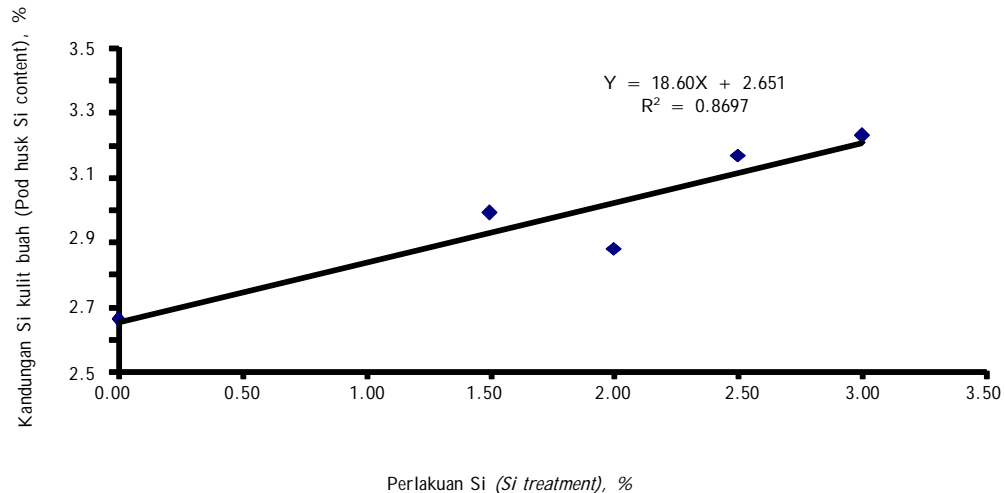
Kandungan Si dalam kulit buah kakao dapat ditingkatkan dengan aplikasi silika. Gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan silika dalam kulit buah kakao meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi silika yang diaplikasikan. Hubungan tersebut mengikuti pola linier $Y = 18,604 X + 2,6511$ ($R^2 = 0,8697$). Kandungan Si paling rendah terdapat pada perlakuan konsentrasi aplikasi 0% (kontrol) sebesar 2,66% dan kandungan Si tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi 3% yakni sebesar 3,23%. Peningkatan konsentrasi Si dari 0% menjadi 3% mampu meningkatkan kandungan Si dalam kulit buah kakao sebesar 21,4%. Konsentrasi optimum belum tercapai sebab konsentrasi maksimum yang diuji dalam penelitian ini (3% formulasi) baru setara dengan 300 ppm asam silisik. Banyak penelitian yang menghubungkan peningkatan resistensi tanaman terhadap hama dan penyakit karena akumulasi Si di dalam jaringan epidermis organ tanaman. Suplai silika dilaporkan efektif menghambat infeksi dan penyebaran penyakit busuk daun *Phytophthora aphanidermatum* pada tanaman *Mormodica charantia*, yakni jenis tanaman *intermediate accumulator* Si (Heine *et al.*, 2007). Dalam bahasan berikutnya akan diamati

sejauh mana peningkatan akumulasi Si dalam kulit buah kakao tersebut berpengaruh terhadap kerusakan biji akibat terserang hama PBK.

Perbedaan akumulasi dan penyebaran Si dalam organ tanaman bersifat genetik, dipengaruhi oleh spesies tanaman. Pada tanaman yang kadar Si-nya rendah, sebaran Si di bagian tajuk tanaman dan akar relatif sama misalnya pada tanaman tomat dan sawi. Sebaliknya pada tanaman *clover* (tanaman makanan ternak, legum) Si lebih banyak terdapat di organ akar. Pada tanaman yang bersifat akumulator Si, misalnya padi, sebagian besar Si terdapat pada bagian tajuk tanaman (Roesmarkam & Nasih, 2002). Dalam hal ini, kakao tergolong tanaman bukan akumulator Si, yakni spesies yang kandungan Si 0,5%

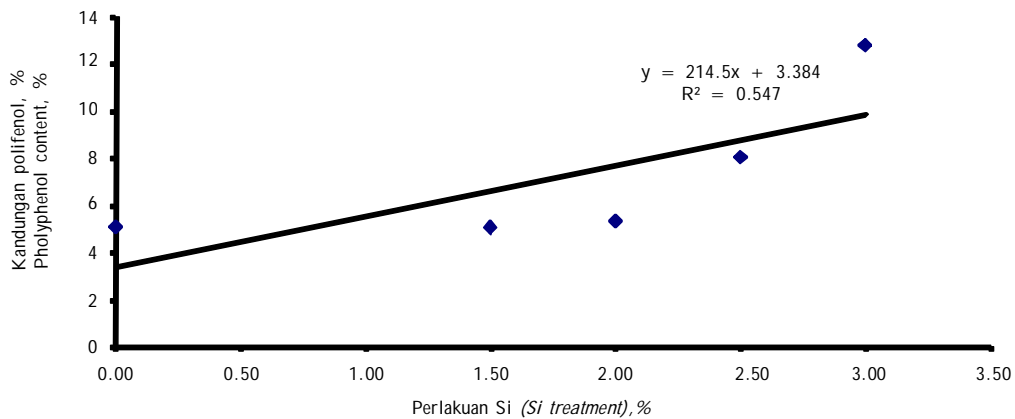
hingga 1,5% dari bobot kering daun. Tanaman tebu (akumulator Si) diketahui banyak menyerap Si daripada beberapa unsur hara esensial yang lain, yakni sekitar 380 kg Si per ha pada tanaman umur 12 bulan (Savant *et al.*, 1999). Sementara itu penyerapan Si pada tanaman ketimun (*Cucumis sativus*) dua kali lebih tinggi daripada tingkat respirasinya (Liang *et al.*, 2005).

Meningkatnya kandungan Si dalam kulit buah kakao diikuti dengan peningkatan kandungan polifenol. Seperti tampak pada Gambar 2, pola hubungan konsentrasi aplikasi Si dengan kadar polifenol adalah linier $Y = 214,55 X + 3,3842$ ($R^2 = 0,5479$). Peningkatan konsentrasi aplikasi Si dari 0% menjadi 3% formulasi meningkatkan kandungan polifenol sebesar



Gambar 1. Pengaruh perlakuan konsentrasi silika terhadap kandungan Si di dalam kulit buah kakao.

Figure 1. Effect of Si application on Si content of cocoa pod husk.



Gambar 2. Pengaruh perlakuan konsentrasi silika terhadap kandungan polifenol di dalam kulit buah kakao.
 Figure 2. Effect of Si application on polyphenol content of cocoa pod husk.

152,07%. Kandungan polifenol paling rendah terdapat pada perlakuan konsentrasi 1,5% formulasi yakni sebesar 5,05% dan kandungan polifenol tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi silika 3% formulasi yaitu sebesar 12,78%. Hasil ini dapat diterangkan dari pernyataan Belanger *et al.* (2003) bahwa asupan Si dapat meningkatkan aktivitas enzim kitinase, peroksidase, polifenol-oksidas, dan senyawa fenolik dalam organ tanaman yang mengandungnya. Pemupukan Si pada tanaman gandum dilaporkan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kutu hijau *Schizaphis graminum* dengan memacu aktivitas peroksidase, polifenol oksidase, dan fenilalaninamoniam-liase (Gomes *et al.*, 2005). Peroksidase berhubungan dengan sintesis lignin dan suberin yang menyebabkan mengerasnya jaringan, dan juga sintesis quinon dan senyawa kompleks protein sehingga menyebabkan protein sukar dicerna (Mohammad & Kazemi *cit.* Gomes

et al., 2005). Fenilalaninamoniam-liase berhubungan dengan sintesis fenol yang bersifat toksis dan anti nutritional.

Dewasa ini diketahui terdapat lebih dari 8000 jenis senyawa fenol yang merupakan salah satu metabolit sekunder dengan jenis paling banyak. Biosintesis polifenol dalam tubuh tanaman berlangsung melalui dihasilkannya fenilalanin yang dideaminasi oleh enzim fenilalanin amonia liase (PAL). PAL dihubungkan dengan sintesis sejumlah senyawa penyusun fenol, termasuk polimer dinding sel (Dicko *et al.*, 2006). Penelitian Maksimovic (2006) menunjukkan bahwa konsentrasi fenol dalam daun meningkat dengan aplikasi Si apabila media tumbuh cukup mengandung mangan. Si ditengarai mengatur metabolisme dan penggunaan senyawa fenol, kemungkinan sebagai akibat dari terbentuknya kompleks Si-polifenol. Tanaman padi dengan asupan Si yang cukup menunjukkan peningkatan aktivitas

kitinase, peroksidase, polifenol oksidase dan flavanoid fitoaleksin yang semuanya mampu melindungi tanaman dari serangan patogen (Ma *et al.*, 2004).

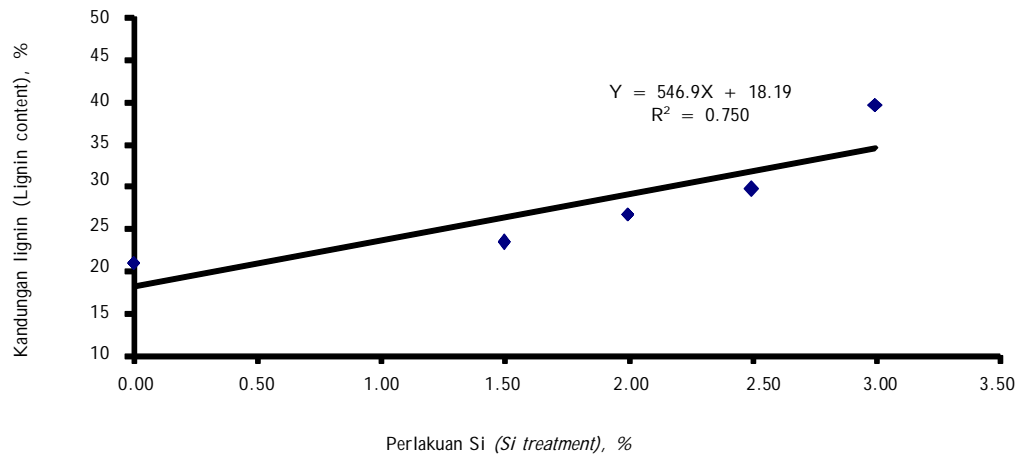
Pada komoditas yang sama, Cai *et al.* (2008) juga menyatakan bahwa Si menginduksi enzim yang berkaitan dengan ketahanan terhadap penyakit *blast*, yang disebabkan jamur *Magnaporthe grisea* di samping terjadi akumulasi Si sebagai *dumb-bell bodies* di dalam daun dan terjadi akumulasi papila Si di dalam sel penjaga (*guard cell*) stomata.

Fenol merupakan senyawa aromatik alami dengan golongan hidroksil yang efektif mencegah serangan aphid. Kelompok kimiawi yang utama adalah fenol sederhana, asam fenolat, fenilpropanoat, kumarin, flavonoid dan tanin. Tiap kelompok memiliki struktur yang secara biologis aktif, berperan dalam menentukan warna, aroma, serta cita rasa tanaman sehingga penting bagi ketahanan

tanaman terhadap jasad pengganggu. Ketahanan tanaman selada terhadap aphid secara positif dilaporkan berkorelasi dengan kandungan total fenol dan asam isoklorogenik yang dikandungnya (Leszczynski, 1998).

Kecuali berpengaruh terhadap kandungan polifenol, peningkatan konsentrasi Si dalam organ tanaman juga meningkatkan kadar lignin organ yang mengandungnya. Seperti tampak pada Gambar 3, peningkatan kandungan lignin mengikuti pola linier $Y = 546,91X + 18.192$ ($R^2 = 0,7502$) seiring dengan peningkatan konsentrasi Si yang diaplikasikan. Peningkatan konsentrasi aplikasi Si dari 0% menjadi 3% formulasi meningkatkan kandungan lignin kulit buah kakao sebesar 89,57%.

Silika dalam bentuk $Si(OH)_4$ memiliki afinitas yang kuat terhadap senyawa organik polihidroksil yang berperan dalam sintesis senyawa lignin (Belanger *et al.*,



Gambar 3. Pengaruh perlakuan silika terhadap kandungan lignin di dalam kulit buah kakao.

Figure 3. Effect of Si application on lignin content of cocoa pod husk.

2003). Afinitas ini menjelaskan kecenderungan akumulasi Si dan lignin dalam dinding sel tanaman yang terserang patogen. Hal senada dikemukakan oleh Vance *et al.* (1980), bahwa Si mampu meningkatkan ketahanan tanaman karena Si mampu memacu sintesis polifenol dan lignin. Pada tanaman kurma, kandungan lignin pada kultivar tahan *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedenis* dilaporkan sebesar 1,8 kali lebih tinggi daripada kultivar yang rentan. Kandungan Si yang tinggi tersebut juga diikuti dengan akumulasi fenol di dalam dinding selnya yang dengan efektif dilaporkan menghambat perkembangan miselia patogen dan enzim pendegradasi dinding sel (El Modafar & El Boustani, 2001).

Meningkatnya kandungan Si dalam kulit buah juga menyebabkan kulit buah menjadi semakin keras. Gambar 4 menunjukkan bahwa kekerasan kulit buah meningkat dari 405 g/mm menjadi 475 g/mm karena aplikasi Si dari 0% ke 3% formulasi. Meningkatnya kekerasan kulit buah diduga diakibatkan oleh peningkatan kandungan lignin yang merupakan senyawa polimer alami (Marwanto, 2007) dan penyusun dinding sel. Nutrisi silika selain berperan langsung dalam pertumbuhan dan produksi tanaman juga mampu meningkatkan ketahanan alami, yakni ketahanan struktural (mekanik) dengan merubah struktur epidermis menjadi lebih keras (Marschner, 1995). Sogawa (1982) mengatakan bahwa perubahan kekerasan sel-sel epidermis akibat penyemprotan larutan silika menyebabkan penurunan tajam serangan aphids pada gandum dan pada padi, silika

dengan konsentrasi 10 ppm efektif menekan serangan hama wereng coklat. Hama penggerek batang padi tertekan akibat akumulasi Si pada dinding sel yang berperan sebagai hambatan mekanik bagi serangga penggerek (Jones & Handreck, 1967).

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan asupan Si dapat menyebabkan penurunan kerusakan biji akibat serangan hama PBK. Intensitas kerusakan paling rendah terdapat pada perlakuan konsentrasi tertinggi yakni 3% formulasi (11%) dan intensitas serangan paling tinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi Si 1,5% formulasi (43,7%). Hasil uji statistik menunjukkan hanya perlakuan 2,5% dan 3% formulasi yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol.

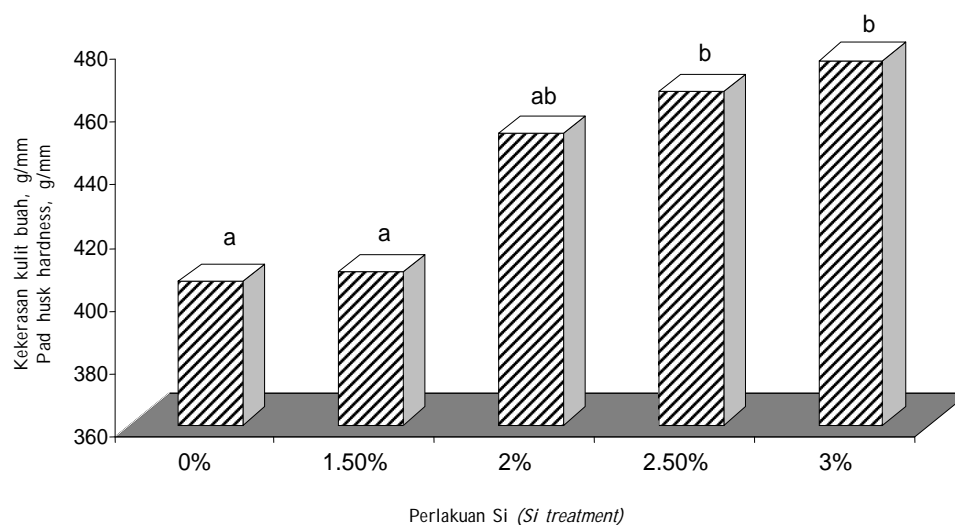
Beberapa tanaman Graminae membutuhkan silika (Si) untuk ketahanan terhadap hama dan penyakit (Zeyen, 2002). Beberapa penelitian melaporkan bahwa intensitas serangan penyakit karat berkurang setelah pemberian Si yang cukup. Mekanisme dari fenomena tersebut belum diketahui secara pasti, deposit Si pada sel epidermis daun secara mekanis menghalangi serangan hifa jamur penyebab karat. Si dihipotesiskan bergabung dengan selulosa di daun membentuk membran Si-selulosa yang dapat melindungi daun dari serangan penyakit (Bollich & Matichenkov, 2002). Silika dapat membantu proses terbentuknya selulosa, lignin dan senyawa-polifenol dalam jaringan tanaman yang merupakan komponen ketahanan alami tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Salisbury & Ross, 1995).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan Si terhadap sejumlah variabel serangan PBK

Table 1. Effect of Si application on some variables of CPB infestation

Parameter	Perlakuan konsentrasi Si, % formulasi <i>Si concentration treatment, % formulation</i>				
	0	1.5	2.0	2.5	3.0
Lubang masuk/buah (<i>Entry holes /pod</i>)	3.50 a	3.75 a	3.00 a	2.75 a	2.00 b
Lubang keluar per buah (<i>Exit holes /pod</i>)	2.25 a	2.25 a	2.00 a	2.00 a	1.25 b
Kekerasan kulit, g/mm (<i>Pod husk hardness, g/mm</i>)	405.25 a	408.08 a	452.17 a	465.17 b	475.21 b
Intensitas serangan, % (<i>Attack intensity, %</i>)	43.26 a	43.66 a	35.52 a	23.29 b	11.07 b
Intensitas kerusakan, % (<i>Damage intensity, %</i>)	62.0 a	55.5 a	48.5 a	29.75 b	21.0 b

Catatan (*Notes*) : Data pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji BNT jika diikuti huruf yang sama (*Data in the same row followed by the same letter is not significantly different according to HSD at 5% level*).



Gambar 4. Pengaruh perlakuan silika terhadap tingkat kekerasan kulit buah kakao

Figure 4. Effect of Si application on cocoa pod husk hardness

Catatan (*Notes*): Diagram yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji beda nyata jujur (*Histogram followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to HSD*).

Kandungan lignin yang tinggi secara genetik merupakan sifat menguntungkan terutama untuk meningkatkan mutu benih seperti kasus benih kedelai misalnya, kandungan lignin yang tinggi meningkatkan ketahanannya terhadap serangan kutu dan kerusakan mekanis (Alvarez *et al. cit.* Marwanto, 2007).

Penurunan intensitas serangan PBK diduga merupakan efek akumulatif dari meningkatnya kandungan polifenol, lignin, dan tingkat kekerasan jaringan kulit buah. Dalam penelitian ini, meningkatnya akumulasi Si, lignin dan polifenol dalam kulit buah kakao juga menurunkan jumlah lubang masuknya larva yang berdampak pada penurunan tingkat kerusakan biji. Azhar & Long *cit.* Asrul (2004) menyatakan bahwa ketebalan dan kekerasan lapisan sklerotik pada endokarp buah kakao menyebabkan mortalitas larva dalam buah. Klon harapan tahan PBK Ardaciari 10

menunjukkan lignifikasi lapisan sklerotik lebih awal dan intensitas lignifikasi yang lebih intensif dibandingkan klon yang rentan PBK (Susilo *et al.*, 2009).

Penambahan asupan Si tidak berpengaruh negatif terhadap perkembangan buah kakao. Bobot buah, diameter buah dan panjang buah yang diperlakukan dengan Si tidak berbeda dengan kontrol (Tabel 2). Si termasuk unsur hara yang bersifat menguntungkan (*beneficial*) bagi tanaman tertentu selain natrium, kobalt, dan klorin. Unsur-unsur tersebut merupakan unsur hara yang berguna bagi pertumbuhan tanaman tetapi tidak memenuhi kaidah unsur hara esensial karena jika unsur ini tidak ada, tanaman masih mampu menyelesaikan siklus hidupnya. Kelompok unsur hara ini dapat menjadi unsur penting untuk beberapa spesies tanaman tertentu karena dapat menyebabkan kenaikan produksi (Savant *et al.*, 1999).

Tabel 2. Pengaruh aplikasi Si terhadap variabel buah kakao

Table 2. Effect of Si application on cocoa pod variables

Konsentrasi Si, % formulasi <i>Si concentration, % formulation</i>	Bobot buah, g <i>Pod wt., g</i>	Diameter buah, cm <i>Pod diameter, cm</i>	Panjang buah, cm <i>Pod length, cm</i>
0.0	343.03 a	6.67 a	13.95 a
1.5	372.25 a	7.35 a	15.53 a
2.0	379.00 a	6.97 a	14.69 a
2.5	333.15 a	6.80 a	13.71 a
3.0	381.75 a	7.29 a	15.22 a

Catatan (*Notes*) : Data pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji BNT jika diikuti huruf yang sama (*Data in the same column followed by the same letter is not significantly different according to HSD at 5% level*).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi silika meningkatkan kandungan Si, fenol, lignin dalam buah dan kekerasan kulit buah.
2. Intensitas kerusakan PBK berkorelasi negatif dengan peningkatan kadar Si dalam kulit buah, polifenol, kadar lignin, dan tingkat kekerasan kulit buah kakao.
3. Konsentrasi Si 3% formulasi yang disemprotkan langsung ke buah ukuran panjang 8–12 cm dan tajuk menghasilkan intensitas serangan PBK lebih rendah dibandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrul, L. (2004). Seleksi dan karakterisasi morfologi tanaman kakao harapan tahan penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *J. Sains & Teknologi*, 4, 109–122.
- Belanger, R.R.; N. Benhamou & J.G. Menzies (2003). Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Bleumeria graminis* f. Sp. Tritici). *Phytopathology*, 93, 402–412.
- Bollich, P. K. & V. V. Matichenkov (2002). Silicon status of selected Louisiana rice and sugarcane soils. *Second Silicon in Agriculture Conference. Tsuruoka, Yamagata, Japan*, p. 50–53.
- Cai, K.; D. Gao; S. Luo; R. Zeng; J. Yang & X. Zhu (2008). Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum*, 134, 324–333.
- Dicko, M.H.; H. Gruppen; A.S. Traore, A.G.J. Voragen & W.J.H. Berkel (2006). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 1, 21–38.
- Elawad, S. H.; G. J. Gascho & J. J. Street (1982). Response of sugarcane to silicate source and rate. 2. Leaf freckling and nutrient content. *Agronomy Journal*, 74, 484–487.
- El Modafarm, E. & E. El Boustani (2001). Cell wall-bound phenolic acid and lignin contents in date palm as related to its resistance to *Fusarium oxysporum*. *Journal Biologia Plantarum*, 44, 125–130.
- Gomes, F.B.; J.C. de Moraes; C.D. dos Santos & M. M. Goussain (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Sci Agric.*, 62, 547–551.
- Heine, G.; G. Tikum & W. Horst (2007). The effect of silicon on the infection by spread of *Phytium aphanidermatum* in single roots of tomato and bitter melon. *J. of Experimental Botany*, 58, 569–577.
- Jones, L.H & K.A. Handreck (1967). Silica in soils, plant and animals. *Adv. Agron.*, 19, 107–149.
- Leszczynski, B. (1998). Plant alleochemicals in aphids management. *Alleopathy Update Journal*.
- Liang, Y.; J. Si & V. Romheld (2005). Silicon uptake and transport is an active process in *Cucumis sativus*. *New Phytologist*, 167, 797–804.

- Lin, G.T. (1992). Biology, ecology, and control of cocoa pod borer *Canopomorpha cramerella* Snellen. p. 85-100. *In*: P.J. Keane & C.A.J. Putter (Eds). *Cocoa Pest and Disease in Southeast Asia and Australasia*. FAO, Rome.
- Ma, J. F.; G. Shoko; T. Kazunori & I. Masahiko (2001). Role of root and lateral in silicon uptake by rice. *Plant Physiology*, 127, 1773–1780.
- Ma, J.F.; K. Tamai; M. Ichii & G. Wu (2004). A rice mutant defective in Si uptake. *Plant Physiology*, 130, 2111–2117.
- Maksimovic, J. (2006). *Silicon Modulates the Metabolism and Utilization of Phenolic Compounds in Cucumber (Cucumis sativus L.) Grown at Excess Manganese*. Center for Multidisciplinary Studies, University of Belgrade, Serbia.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Akademik Press. New York.
- Marwanto (2007). Hubungan antara kandungan lignin kulit benih dengan sifat-sifat khusus kulit benih kacang hijau. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*, 9, 6–11.
- Matichenkov, V. V. & D. V. Calvert (2002). Silicon as a beneficial element for sugarcane. *Journal American Society of Sugarcane Technologist*, 22, 21–30.
- Ploetz, R.C. (2007). Symposium cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology*, 97, 1634–1639
- Ratnawati (2005). *Pemanfaatan Limbah PLTU Paiton Sebagai Sumber Silika Alami dalam Peningkatan Hasil dan Kualitas Buah Tomat (Lycopersicon esculentum Mi.)*. Universitas Jember, Jember.
- Ricard, C.; B. T. Egan; A. G. Gillaspie Jr. & C. G. Hughes (1989). *Disease of Sugarcane : Major Diseases*. Elsevier Publishing Company, New York.
- Roesmarkam, A. & W.Y. Nasih (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Salisbury, F. B. & C. W. Ross (1995). *Plant Physiology*. Elsevier Publishing Company, New York.
- Savant, N.K.; G.H. Korndorfer; L.E. Datnoff & G.H. Snyder (1999). Silicon nutrition and sugarcane production: A review. *J. Plant Nutr.*, 22, 1853–1903.
- Sogawa, K (1982). The rice brown plant hopper: Feeding physiology and host plant interactions. *Annu. Rev. Entomol.*, 27, 49–73.
- Susilo, A.W.; W. Mangoendidjojo; Witjaksono & S. Mawardi (2009). Pengaruh perkembangan umur buah beberapa klon kakao terhadap keragaan sifat ketahanan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 25, 1–11.
- Vance, C.P.; T.K. Kirk & R.T. Sherwood (1980). Lignification as a mechanism of disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol*, 18, 259–288.
- Wardani, S.; H. Winarno & E. Sulistyowati (1997). Model pendugaan kehilangan hasil akibat serangan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 13, 33–39.
- Yukamgo, E. & N.W. Yuwono (2007). Peran silicon sebagai unsur bermanfaat pada tanaman tebu. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 7, 103–116.

Zeyen, R. J. (2002). Silicon in plant cell defense against cereal powdery mildew disease. *Second Silicon in Agriculture Conference*. Tsuruoka, Yamagata, Japan, 11, 15–21.
