

Respons Ketahanan Beberapa Hibrida Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Serangan Penyakit Pembuluh Kayu (*Vascular-streak Dieback*)

The Resistance of Cocoa Hybrids to Vascular-streak Dieback

Agung Wahyu Susilo^{1*)} dan Indah Anita-Sari¹⁾

Ringkasan

Perakitan hibrida kakao tahan VSD telah dilakukan melalui persilangan antar klon-klon TSH 858, KW 162, KW 163, KW 165, KEE 2, ICS 13, dan NIC 7 yang diseleksi berdasarkan sifat ketahanan VSD, produktivitas hasil, dan kompatibilitas persilangan. Tujuan penelitian adalah melakukan evaluasi respons ketahanan VSD hibrida hasil persilangan antar klon-klon tersebut, identifikasi klon terbaik untuk tetua persilangan, dan pola pewarisan ketahanan VSD. Terdapat 14 hibrida dan satu kontrol diuji dalam rancangan acak kelompok lengkap diulang dalam 4 blok dengan 16 tanaman per plot, dilaksanakan di KP Kaliwining, Jember. Respons ketahanan VSD dievaluasi berdasarkan skor kerusakan tanaman pada skala 0-6 saat umur 7 tahun setelah tanam. Rerata skor kerusakan tanaman berbeda nyata antarhibrida pada kisaran 2,19–4,53. Hibrida-hibrida hasil persilangan tetua tahan menunjukkan skor kerusakan relatif rendah dibandingkan hibrida hasil persilangan antartetua rentan (TSH 858 x NIC 7) yang menghasilkan skor kerusakan tertinggi. Hibrida yang dikelompokkan tahan VSD adalah TSH 858 x KW 162 (F_1 dan resiprok), KW 162 x KEE 2 (F_1 dan resiprok), KW 162 x ICS 13, KW 165 x KEE 2. Hibrida turunan KW 162, baik sebagai tetua jantan maupun betina menghasilkan skor kerusakan terendah sedangkan hibrida turunan KEE 2 menghasilkan skor kerusakan relatif sama dengan hibrida turunan TSH 858 yang bersifat rentan. KW 162 diduga memiliki pengaruh dayagabung umum yang lebih baik dibandingkan KEE 2, dan kedua klon tahan tersebut menunjukkan pola pewarisan ketahanan VSD yang berbeda. Pola segregasi hibrida hasil persilangan KW 162 mengikuti nisbah 15 tahan : 1 rentan sedangkan hasil persilangan KEE 2 mengikuti nisbah 1 tahan : 1 rentan.

Summary

Breeding for VSD resistance on cocoa was carried out by inter-crossing the selected clones of TSH 858, KW 162, KW 163, KW 165, KEE 2, ICS 13 and NIC 7 which were selected based on the criteria of VSD resistance, productivity and cross-compatibility. This research has objective to evaluate hybrids of the cross for VSD resistance, inheritance of the resistance and selecting the most valuable parental-clones for further crosses. Fourteen hybrids and one control were tested in the randomized-completely block design with 4 blocks where in each plot 16 trees planted at Kaliwining Experimental Station in Jember. The resistance was evaluated in the field by scoring the symptoms in the range of 0–6 at 7 year after

Naskah diterima (*received*) 13 Desember 2010, disetujui (*accepted*) 11 Agustus 2011.

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

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

planting. The scores were varied significantly among the hybrids in the range of 2.19–4.53. Hybrids which were generated from the crosses of resistant clones performed lower number of the score than the hybrids generated from crosses between two susceptible clones (TSH 858 x NIC 7) which performed highest score. The hybrids classified as resistant were TSH 858 x KW 162 (F_1 and reciprocal), KW 162 x KEE 2 (F_1 and reciprocal), KW 162 x ICS 13, KW 165 x KEE 2. Of the parental clones, KW 162 is the most promising parent as lower score obtained when used it as male or female compared to KEE 2 which performed quite similar of the score with TSH 858 as susceptible parent. Therefore, it could be supposed that KW 162 has better combining ability than KEE 2 where these resistant-clones showed different segregation of their resistance. The resistance was segregated by KW 162 in term of ratio 15 resistant : 1 susceptible while KEE 2 the ratio 1 resistant: 1 susceptible.

Key words: *Theobroma cocoa* L., hybrid, resistance, vascular-streak dieback.

PENDAHULUAN

Penyakit pembuluh kayu (VSD, *vascular-streak dieback*) yang disebabkan oleh jamur *Oncobasidium theobromae* Talbot & Keane saat ini merupakan masalah penting pada tanaman kakao di Indonesia. Strategi pengendalian VSD dilakukan secara terpadu melalui pendekatan kultur teknis, pengendalian kimiawi, dan penanaman bahan tanam tahan (Guest & Keane, 2007). Bahan tanam tahan merupakan komponen penting dalam pengendalian VSD karena aplikasinya dapat lebih efektif dan bersifat ramah lingkungan. Pada kondisi tingkat serangan VSD yang berat di lapangan, serangan VSD hanya dapat dikendalikan melalui penanaman bahan tanam tahan. Dalam hal ini teknik sambung samping telah digunakan oleh sebagian petani kakao di Sulawesi untuk merehabilitasi tanaman kakao yang rusak akibat serangan VSD dengan jenis klon-klon tahan, seperti Sulawesi 1 dan Sulawesi 2 (Susilo & Suhendi, 2006). Upaya yang ditempuh oleh petani tersebut diharapkan dapat menekan laju dan tingkat serangan VSD yang sebarannya semakin meluas di beberapa daerah sentra produksi kakao di Indonesia, khususnya di wilayah Sulawesi.

Hasil pemuliaan kakao mendapatkan sejumlah klon tahan VSD, antara lain Sulawesi 1, Sulawesi 2, Sca 6, dan DRC 15 (Susilo *et al.*, 2009) yang telah dilepas sebagai bahan tanam anjuran untuk mengatasi masalah VSD di Indonesia. Klon Sulawesi 1 dan Sulawesi 2 merupakan hasil pemuliaan partisipatif di Sulawesi yang terbukti efektif untuk mengendalikan VSD dan meningkatkan produktivitas tanaman sehingga saat ini terjadi pengembangan secara meluas terhadap kedua jenis klon tersebut. Pengembangan jenis klon-klon tertentu secara meluas dalam jangka panjang akan berdampak pada penurunan diversitas genetik tanaman sehingga tanaman dapat lebih peka terhadap munculnya ras baru hama dan penyakit. Berdasarkan pertimbangan ini maka perlu tersedia lebih banyak alternatif pilihan jenis bahan tanam kakao untuk pengendalian VSD. Upaya pengkayaan materi genetik kakao juga dilakukan di French Guiana sebagai langkah antisipatif dalam mengatasi masalah serangan penyakit *witches' broom* dan busuk buah kakao melalui seleksi individu pada populasi *half-sib* kerabat liar (Lachenaud *et al.*, 2007). Dalam hal ini maka perlu kesinambungan program pemuliaan kakao sehingga akan

tersedia lebih banyak alternatif pilihan jenis bahan tanam unggul kakao tahan VSD bagi petani/pekebun.

Di antara sasaran program pemuliaan kakao adalah penyediaan bahan tanam unggul dalam bentuk hibrida. Bahan tanam dalam bentuk benih hibrida hingga kini masih menjadi sarana utama dalam pengembangan bahan tanam unggul kakao di Indonesia serta negara-negara produsen kakao lainnya seperti yang dilaporkan di Ivory Coast (Pokou *et al.*, 2009), Ghana (Opoku *et al.*, 2009), dan di Kamerun (Efombagn, 2009; Adu–Ampomah *et al.*, 2009). Metode perbanyakan hibrida secara teknis lebih mudah dibandingkan klonal sehingga lebih mudah diadopsi oleh petani/pekebun. Hal ini menyebabkan pengembangan bahan tanam klonal di negera-negara produsen kakao hingga kini masih terbatas (Eskes, 2006). Pertanaman kakao hibrida memiliki tingkat keragaman genetik yang tinggi sebagai hasil rekombinasi sifat-sifat tetua persilangan akibat adanya proses segregasi sehingga memunculkan beragam penampakan potensi sifat-sifat tanaman dalam populasi. Adanya keragaman genetik tersebut berpotensi memunculkan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang inferior namun kelemahan ini dapat diatasi dengan cara merehabilitasi tanaman menggunakan teknik sambung samping. Dengan demikian upaya mendapatkan bahan tanam unggul hibrida dan klonal dapat dilakukan secara bersamaan guna memaksimalkan potensi bahan tanam unggul kakao.

Perakitan hibrida kakao tahan VSD diawali dengan proses seleksi klon-klon tahan sebagai tetua persilangan. Seleksi genotipe tahan VSD hanya dapat dilakukan di lapangan pada daerah epidemi VSD sebab hingga kini belum tersedia metode inokulasi VSD secara buatan untuk evaluasi ketahanan VSD dan infeksi VSD hanya terdapat di wilayah Asia-Pasifik (Guest &

Keane, 2007). Hasil seleksi genotipe tahan VSD yang dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Kaliwining Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (Puslitkoka) mendapatkan beberapa klon tahan VSD, antara lain KW 162, KW 163, KW 165, dan KEE 2 yang selanjutnya digunakan sebagai sumber genetik sifat ketahanan VSD (Susilo, 2000). Pemanfaatan klon-klon tersebut dilakukan melalui persilangan dengan klon-klon tetua lain yang memiliki sifat produktivitas hasil tinggi berdasarkan kompatibilitas penyerbukan menurut Suhendi *et al.* (2000). Evaluasi ketahanan VSD terhadap hibrida-hibrida hasil persilangan tersebut dilakukan di KP Kaliwining yang merupakan daerah epidemi VSD. Serangan VSD di lokasi KP Kaliwining sudah terjadi selama 10 tahun terakhir, dan sebagai akibat serangan VSD tersebut terdapat variasi nyata respons ketahanan VSD antaraksesi plasma nutfah kakao yang menunjukkan ekspresi variabilitas genetik sifat ketahanan VSD. Tulisan ini akan mengulas hasil percobaan tersebut guna mendapatkan informasi mengenai jenis hibrida tahan VSD, pola segregasi sifat ketahanan VSD pada generasi F_1 dan identifikasi klon tahan yang dapat digunakan sebagai tetua dalam pemuliaan maupun produksi hibrida tahan VSD.

BAHAN DAN METODE

Bahan Tanam Materi Percobaan

Ada 14 hibrida (F_1) yang diuji dalam percobaan ini dan satu hibrida komersial sebagai kontrol. Hibrida tersebut merupakan hasil persilangan buatan (*hand-pollination*) antar klon-klon unggul, yaitu KW 162, KW 163, TSH 858, KEE 2, NIC 7, ICS 13, dan KW 165 yang diseleksi berdasarkan keunggulan sifat dayahasil

dan ketahanan VSD. Dalam hal ini KEE 2, KW 162, dan KW 165 yang digunakan sebagai sumber ketahanan VSD. Proses persilangan tersebut dilakukan secara terkendali dengan cara melakukan pengerodongan bunga agar tidak terkontaminasi serbuk sari lain.

Lokasi dan Rancangan Percobaan

Percobaan dilaksanakan di KP Kaliwining (45 m dpl., tipe iklim D menurut klasifikasi Schmidt & Ferguson). Bibit hibrida hasil persilangan kemudian ditanam di lapangan dalam susunan rancangan kelompok lengkap dengan 4 blok sebagai ulangan dan setiap plot ditanami 16 tanaman pada jarak tanam 3 x 3 m. Evaluasi respons ketahanan VSD dilakukan saat kondisi tanaman berumur 7 tahun setelah tanam. Respons ketahanan tanaman terhadap VSD dievaluasi berdasarkan skor kerusakan tanaman (Tabel 1) yang disusun menurut kondisi variasi tingkat kerusakan tanaman di lapangan. Pengamatan skor kerusakan tanaman tersebut dilakukan saat musim

kemarau, yaitu saat kondisi gejala serangan VSD dapat terlihat secara jelas.

Analisis Data

Analisis ragam data berdasarkan uji Fisher aras 95% terhadap data skor serangan VSD yang sebelumnya ditransformasi dengan $\sqrt{Y+0,5}$. Pemisahan nilai rerata skor kerusakan antarhibrida berdasarkan uji jarak berganda Duncan aras 5%. Nilai rerata klon-klon tetua persilangan sebagai tetua betina maupun tetua jantan, yaitu TSH 858, KW 162, dan KEE 2 yang persilangannya dirancang secara resiprokal untuk pendugaan awal efek dayagabung umum. Parameter genetik nilai *dayawaris arti luas* (h^2_{bs}), berdasarkan rumus σ_g^2/σ_p^2 dalam hal ini ragam fenotipe (σ_p^2) = Kuadrat tengah (KT) pengaruh klon – KT sisa/ulangan (r), ragam sisa (σ_e^2) = KT sisa/r, dan ragam genotipe (σ_g^2) = $\sigma_p^2 - \sigma_e^2$ (Singh & Chaudary, 1979). Pola pewarisan sifat ketahanan VSD pada generasi F_1 dihitung dengan uji khi-kuadrat dan terlebih dahulu dilakukan pengelompokan kelas ketahanan tanaman

Tabel 1. Skor kerusakan tanaman kakao akibat serangan VSD untuk evaluasi ketahanan tanaman di lapangan

Table 1. Score of severity damage due to VSD infection on cocoa for field screening

Skor Score	Gejala kerusakan tanaman Plant symptom
0	Tanaman sehat, tidak ditemukan gejala serangan VSD (<i>Not perform VSD symptom or healthy</i>)
1	<25% ranting tanaman terinfeksi VSD namun tanaman jagur atau tidak tampak gejala penurunan produksi tanaman (<i><25% plant branches were infected by VSD but no effect on plant vigor or yield declining</i>)
2	25-<50% ranting tanaman terinfeksi VSD, dan serangan mulai berdampak pada penurunan vigor tanaman namun belum menyebabkan penurunan produksi secara nyata (<i>25-<50% plant branches were infected by VSD that tend to result in vigor declining but not for yield</i>)
3	50-<75% ranting tanaman telah terinfeksi VSD, dan serangan telah menyebabkan penurunan vigor dan tingkat produksi tanaman meskipun relatif kecil (<i>50 -<75% plant branches were infected by VSD which slightly affect yield and vigor declining</i>)
4	>75% ranting tanaman telah terinfeksi VSD, dan serangan mulai berdampak pada penurunan vigor tumbuh dan tingkat produksi tanaman (<i>>75% plant branches were infected by VSD which tend to affect seriously on yield and vigor declining</i>)
5	Sebagian besar ranting telah terinfeksi VSD dan menyebabkan kerusakan cabang-cabang tanaman sehingga terjadi penurunan vigor tumbuh tanaman dan produksi secara nyata (<i>Most of plant branches were infected by VSD which significantly affect on yield and vigor declining</i>)
6	Tanaman rusak berat bahkan sebagian ada yang sudah mati (<i>The infected plant were seriously damaged by VSD, some of those infected plants were died</i>)

menjadi 2, yaitu tahan (skor 1–3) dan rentan (skor 4–6).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons ketahanan hibrida

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat perbedaan nyata rerata skor kerusakan tanaman antarhibrida. Secara keseluruhan nilai skor kerusakan tersebut bervariasi antartanaman pada rentang nilai 1–6, dan tidak ditemukan tanaman dengan skor 0 atau bersifat kebal (*immune*) terhadap VSD. Hasil analisis koefisien keragaman menunjukkan adanya variasi yang tinggi nilai skor kerusakan VSD sebagai konsekuensi akibat proses segregasi pada generasi F_1 kakao. Perbedaan ketahanan VSD antarhibrida yang diuji bervariasi antara skor kerusakan 2,19–4,53 (Tabel 2). Meskipun terdapat variasi yang tinggi pada populasi hibrida tersebut (nilai koefisien keragaman) namun hibrida-hibrida kelompok tahan memiliki skor kerusakan yang rendah dengan proporsi tanaman dengan nilai skor 1–3 yang tinggi. Di lain pihak hibrida hasil persilangan antartetua rentan (TSH 858 x NIC 7) memiliki skor kerusakan tertinggi dan proporsi tanaman dengan skor 4–6 yang juga tinggi (Tabel 3). Dengan demikian dapat dibuktikan adanya perbedaan sifat ketahanan VSD antarhibrida kakao yang diuji. Hasil analisis ragam juga menunjukkan tidak ada pengaruh nyata blok percobaan, membuktikan bahwa infeksi jamur *O. theobromae* pada tanaman percobaan terjadi secara merata sebab penyebaran jamur tersebut melalui bantuan angin (Keane, 2000), dan hasil serupa juga telah dilaporkan (Susilo & Suhendi, 2001). Percobaan ini membuktikan bahwa sifat ketahanan VSD yang dimiliki oleh klon-klon tetua persilangan tersebut dapat

diwariskan pada generasi F_1 sehingga tanaman hasil persilangan merupakan materi genetik yang dapat dimanfaatkan dalam seleksi ketahanan VSD, baik seleksi berbasis populasi maupun individu untuk tujuan mendapatkan hibrida dan klon tahan VSD.

Hibrida-hibrida hasil persilangan kombinasi beberapa klon tahan tampak menunjukkan perbedaan tingkat ketahanan VSD yang berkisar pada kategori tahan hingga agak tahan. Hal ini menunjukkan bahwa klon-klon tahan tersebut merupakan materi genetik yang berbeda untuk sifat ketahanan VSD. Pewarisan ketahanan VSD dilaporkan mengikuti pola aditif (Tan, 1992 & Susilo *et al.*, 2001) sehingga persilangan untuk menghasilkan turunan tahan perlu dirancang antar beberapa tetua tahan. Hasil percobaan ini membuktikan bahwa hibrida hasil persilangan antar klon-klon tahan seperti KW 162, KEE 2, dan KW 165 menghasilkan rerata skor kerusakan yang relatif lebih rendah dibandingkan hibrida hasil persilangan antara klon-klon tahan tersebut dengan klon-klon rentan. Meskipun demikian, hibrida kombinasi persilangan antara KW 162 (tahan) dan TSH 858 (rentan), baik populasi F_1 maupun resiprokal menunjukkan rerata skor kerusakan terendah sehingga dapat diduga bahwa ketahanan KW 162 bersifat dominan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa skor kerusakan tanaman akibat VSD berkorelasi positif dengan persentase tanaman mati dengan nilai koefisien korelasi yang tinggi ($r = 0,98$). Hibrida-hibrida yang memiliki nilai skor kerusakan rendah menunjukkan nilai presentase tanaman mati yang juga rendah. Persentase tanaman mati tersebut berkisar antara 3,13–53,13% (Tabel 2). Dalam hal ini tampak bahwa hibrida kombinasi persilangan TSH 858 x NIC 7 yang bersifat

rentan memiliki tingkat kematian tanaman tertinggi (53,13%). Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penanaman kakao yang bersifat rentan di daerah epidemi VSD akan berisiko menyebabkan kematian sebagian besar tanaman di lapangan. Keane (2000) pernah melaporkan bahwa tingkat kematian tanaman akibat VSD di lapangan dapat mencapai >50%. Pemanfaatan hibrida-hibrida tahan untuk pengendalian VSD efektivitasnya bisa mencapai >90% berdasarkan rerata persentase tanaman mati kelompok hibrida tahan sebesar 8,2%. Namun demikian pemanfaatan hibrida tahan tersebut sebagai bahan tanam unggul kakao masih perlu proses evaluasi tingkat produktivitas hasil di lapangan sebagai prasyarat utama dalam pelepasan bahan tanam unggul kakao.

Rerata klon-klon tetua persilangan

Pendugaan nilai dayagabung klon-klon tetua persilangan diperlukan untuk pemilihan tetua unggul dan penentuan kombinasi persilangan yang tepat sehingga akan diperoleh kemajuan genetik yang maksimal pada turunan hasil persilangan. Identifikasi dayagabung tersebut belum dapat dilakukan dalam penelitian ini karena persilangan tidak dirancang secara diallel, namun pengaruh dayagabung tersebut (umum) sementara diduga berdasarkan rerata klon-klon tetua persilangan, baik sebagai tetua betina maupun tetua jantan. Dalam hal ini klon-klon tetua yang persilangannya dirancang secara resiprokal adalah TSH 858, KW 162, dan KEE 2. Hasil analisis

Tabel 2. Parameter ketahanan beberapa hibrida kakao terhadap serangan VSD hasil pengujian di KP Kaliwining, Jember
Table 2. The parameters of VSD resistance on cocoa hybrids which were evaluated in KP Kaliwining, Jember

Kombinasi persilangan <i>Cross combination</i>	Tanaman mati, % <i>Died plants</i>	Rerata skor ¹⁾ <i>Mean of score</i>	Selang nilai skor <i>Range of score</i>	Koefisien keragaman, % <i>Coefficient of variation²⁾</i>	Interpretasi ketahanan <i>Resistant interpretation</i>
TSH 858 x KEE 2	28.13	3.52 bc	1-6	49.13	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
TSH 858 x KW 162	9.38	2.25 d	1-6	63.35	Tahan (<i>Resistant</i>)
TSH 858 x NIC 7	53.13	4.53 a	2-6	37.71	Rentan (<i>Susceptible</i>)
TSH 858 x ICS 13	29.69	3.25 c	1-6	60.80	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
KEE 2 x TSH 858	39.06	3.84 bc	1-6	50.40	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
KEE 2 x KW 162	3.13	2.22 d	1-6	54.15	Tahan (<i>Resistant</i>)
KEE 2 x NIC 7	39.06	3.89 b	1-6	46.95	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
KEE 2 x ICS 13	14.06	2.41 d	1-6	71.30	Tahan (<i>Resistant</i>)
KW 162 x KEE 2	10.94	2.33 d	1-6	67.61	Tahan (<i>Resistant</i>)
KW 162 x TSH 858	6.25	2.19 d	1-6	62.50	Tahan (<i>Resistant</i>)
KW 162 x NIC 7	28.13	3.50 bc	1-6	50.40	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
KW 162 x ICS 13	7.81	2.23 d	1-6	61.12	Tahan (<i>Resistant</i>)
KW 163 x KEE 2	32.81	3.84 bc	1-6	44.75	Agak tahan (<i>Slightly resistant</i>)
KW 165 x KEE 2	10.94	2.39 d	1-6	63.95	Tahan (<i>Resistant</i>)
O.P. ICS 60 x Sca 12 ³⁾	3.13	2.33 d	1-6	47.83	Tahan (<i>Resistant</i>)

Keterangan (*note*) :

¹⁾ Angka dalam kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan taraf 5%, data ditransformasi dengan $\sqrt{Y+0.5}$ (*number in the column with same letter are not significantly different by Duncan multiple range test at 5%, data were transformed by $\sqrt{Y+0.5}$*),

²⁾ Hibrida dikelompokkan tahan (skor 0-3), agak tahan (skor >3-4), dan rentan (skor >4) (*Those hybrids were classified as resistant which of the mean score vary in 0-3, moderately resistant vary in >3-4, and susceptible >4*),

³⁾ Hibrida komersial hasil persilangan terbuka (*commercial hybrids produced by open pollination*).

Tabel 3. Proporsi nilai skor kerusakan akibat VSD beberapa hibrida kakao

Table 3. Proportion the score of VSD symptom of cocoa hybrids

Kombinasi persilangan <i>Cross combination</i>	Proporsi nilai skor kerusakan VSD, % <i>Proportion the score of VSD symptoms, %</i>					
	1	2	3	4	5	6
TSH 858 x KEE 2	7.81	26.56	28.13	9.38	0	28.1
TSH 858 x KW 162	32.81	39.06	17.19	1.56	0	9.8
TSH 858 x NIC 7	0.00	20.31	17.19	4.69	4.69	53.1
TSH 858 x ICS 13	20.31	31.25	12.50	4.69	1.56	29.7
KEE 2 x TSH 858	7.81	29.69	17.19	1.56	3.13	40.6
KEE 2 x KW 162	26.56	45.31	18.75	3.13	1.56	4.7
KEE 2 x NIC 7	6.25	23.44	23.44	7.81	0	39.1
KEE 2 x ICS 13	39.06	31.25	9.38	4.69	1.56	14.1
KW 162 x KEE 2	39.06	28.13	15.63	6.25	0	10.9
KW 162 x TSH 858	37.50	32.81	17.19	4.69	1.56	6.3
KW 162 x NIC 7	7.81	31.25	21.88	9.38	1.56	28.1
KW 162 x ICS 13	32.81	37.50	18.75	3.13	0	7.8
KW 163 x KEE 2	6.25	18.75	28.13	10.9	3.13	32.8
KW 165 x KEE 2	31.25	35.94	18.75	1.56	1.56	10.9
O.P. ICS 60 x Sca 12	20.03	45.31	23.44	6.25	1.56	3.1

menunjukkan terdapat perbedaan rerata skor kerusakan VSD antar klon-klon tersebut (Tabel 4). KW 162 diduga memiliki pengaruh dayagabung yang baik untuk sifat ketahanan VSD sebab pemanfaatannya sebagai tetua jantan maupun tetua betina menghasilkan rerata skor kerusakan terendah. KEE 2 meskipun bersifat tahan VSD namun tidak memberikan turunan tahan sebab rerata skor kerusakannya sebagai tetua betina maupun tetua jantan hampir sebanding dengan TSH 858 yang bersifat rentan. Laporan Susilo *et al.* (2001) menyebutkan bahwa KEE 2 memiliki pengaruh dayagabung spesifik sehingga untuk menghasilkan turunan tahan VSD persilangannya perlu dikombinasikan dengan klon-klon lain yang lebih kompatibel. Hibrida kombinasi persilangan KEE 2 dengan KW 162 (F_1 dan resiprok) dan kombinasi persilangan KEE 2 dengan KW 165 (F_1) tampak lebih kompatibel menghasilkan turunan tahan

VSD sebab rerata skor kerusakan VSD yang dihasilkannya lebih rendah dibandingkan hibrida kombinasi persilangan KEE 2 dengan TSH 858 (F_1 dan resiprok), dan KEE 2 dengan NIC 7. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan gen pengatur ketahanan VSD antara KW 162 dan KEE 2.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada perbedaan nyata rerata skor kerusakan tanaman antara F_1 dan resiprok sebagai bukti tidak ada pengaruh induk betina dalam pewarisan ketahanan VSD (Tabel 2). Pengaruh induk betina merupakan pola pewarisan sifat tanaman yang dikendalikan oleh gen-gen yang terdapat di luar inti sel seperti di dalam sitoplasma, mitokondria sel-sel induk betina. Fenomena pengaruh induk betina ini akan mempengaruhi pola segregasi sifat-sifat tanaman sehingga akan terjadi penyimpangan dari hukum Mendel (Strickberger, 1976). Pengaruh induk betina juga tidak

Tabel 4. Skor kerusakan VSD beberapa klon kakao apabila digunakan sebagai tetua jantan maupun tetua betina

Table 4. Score of VSD symptom of cocoa clones which were used as female and male parents

Klon Clone	Tetua betina Female parent	Tetua jantan Male parent
	Skor (Score)	
TSH 858	2.88	3.02
KW 162	2.26	2.23
KEE 2	3.03	2.92

dijumpai dalam pewarisan ketahanan kakao terhadap penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *P. megakarya* (Djocgoue *et al.*, 2007). Berdasarkan hasil penelitian ini maka sumber gen ketahanan VSD untuk produksi benih hibrida kakao dapat berasal dari induk betina maupun induk jantan. Selama ini produksi benih hibrida kakao tahan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) masih memilahkan sumber benih yang berasal dari induk betina karena klon-klon pejantan sebagai sumber gen ketahanan penyakit busuk buah, yaitu Sca 6 dan Sca 12 memiliki ukuran biji yang relatif kecil. Dengan sistem produksi benih semacam itu maka produktivitas kebun benih tidak maksimal sebab pemanenan benih hanya berasal dari induk betina yang jumlahnya sekitar 66% dari populasi tanaman (komposisi 2:1). Selanjutnya dalam produksi hibrida kakao tahan VSD maka pemanenan benih dapat berasal dari induk jantan maupun induk betina sehingga efektivitas kebun benih dapat ditingkatkan dari 66% menjadi 100%. KW 162 dan KEE 2 sebagai tetua tahan VSD telah memenuhi persyaratan sebagai induk kebun benih hibrida karena memiliki ukuran biji yang relatif besar (>1 g) dan bersifat tidak kompatibel menyerbuk sendiri (*self-incompatible*).

Pola Pewarisan Ketahanan VSD

Ekspresi ketahanan VSD hibrida-hibrida kakao tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman sebab nilai dayawaris arti luas skor kerusakan VSD tersebut tergolong tinggi, yaitu sebesar 0,93. Sebelumnya telah dilaporkan bahwa nilai dayawaris arti sempit skor kerusakan VSD juga tergolong tinggi (Susilo *et al.*, 2001), dan dilaporkan dayawaris ketahanan kakao terhadap *P. megakarya* juga tergolong tinggi (Djocgoue *et al.*, 2007). Dengan demikian dapat diketahui bahwa ketahanan kakao terhadap beberapa penyakit merupakan ekspresi genetik tanaman. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa genotipe-genotipe tahan saja yang mampu bertahan hidup pada kondisi serangan VSD. Hasil percobaan ini selanjutnya menjadi landasan dalam kegiatan seleksi bahwa ekspresi ketahanan VSD tidak bias oleh pengaruh faktor lingkungan sehingga metode seleksi lapangan masih merupakan cara yang efektif untuk mendapatkan genotipe tahan VSD.

Sifat ketahanan VSD tersebut ber-segregasi pada generasi F_1 sebab klon-klon tetua persilangan yang digunakan tidak bersifat homozigot, dan pola segregasi ini dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan

Tabel 5. Nilai khi-kuadrat pendugaan beberapa asumsi pola segregasi sifat ketahanan VSD pada generasi F₁

Table 5. Chi square for estimating the segregation ratio of VSD resistance on F₁ generation

Kombinasi persilangan <i>Cross combination</i>	Nisbah tanaman tahan dan rentan <i>Ratio between resistant and susceptible</i>	
	1 : 1 ¹⁾	15:1
TSH 858 x KEE 2	3.52	101.40 *
TSH 858 x KW 162	37.52 *	1.67
TSH 858 x NIC 7	3.52	336.07 *
TSH 858 x ICS 13	4.52 *	91.27 *
KEE 2 x TSH 858	0.39	160.07 *
KEE 2 x KW 162	40.64 *	0.60
KEE 2 x NIC 7	0.14	173.40 *
KEE 2 x ICS 13	21.39 *	19.27 *
KW 162 x KEE 2	26.27 *	11.27 *
KW 162 x TSH 858	34.52 *	3.27
KW 162 x NIC 7	2.64	112.07 *
KW 162 x ICS 13	37.52 *	1.67
KW 163 x KEE 2	0.14	173.40 *
KW 165 x KEE 2	31.64 *	5.40 *

Keterangan (*note*):

¹⁾ Angka dalam kolom yang diikuti tanda asterik (*) menyimpang dari pola segregasi yang diharapkan, yaitu 1:1 (tahan:rentan) untuk pewarisan monogenik, 15:1 (tahan: rentan) untuk pewarisan digenik (*number in the column with asterisk mark indicate significantly deviate to the expected ratio of segregation, namely 1:1 (resistance:susceptible) for monogenic inheritance, 15:1 (resistance:susceptible) for digenic inheritance.*)

pola segregasi tersebut maka dilakukan identifikasi pola pewarisan gen ketahanan VSD berdasarkan besaran proporsi tanaman tahan dan tanaman rentan (Crowder, 2006). Hasil penelitian ini tidak menemukan adanya pola pewarisan dominan penuh oleh tindak gen tunggal sebab tidak ada populasi hibrida yang seluruh tanamannya kategori tahan. Hasil penghitungan nilai khi kuadrat tampak bahwa hibrida hasil persilangan antara KW 162 dengan klon-klon rentan (TSH 858 dan ICS 13) menghasilkan proporsi tanaman tahan dan rentan yang tidak menyimpang dari nisbah 15:1 sedangkan hibrida hasil persilangan antara KEE 2 dengan klon-klon rentan (TSH 858 dan NIC 7) tidak menyimpang dari nisbah 1:1 (Tabel 5). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan gen pengendali ketahanan VSD antara KW 162 dan KEE 2. Berdasarkan pola segregasi tersebut dapat diketahui

bahwa sifat ketahanan KW 162 tersebut dikendalikan oleh tindak dua gen dominan penuh dan KEE 2 dikendalikan oleh tindak gen tunggal parsial dominan (Panda & Kush, 1995). Sifat ketahanan KW 162 dan KEE 2 tersebut tidak dikendalikan oleh gen yang bersifat allelik sebab persilangan antar keduanya menghasilkan pola segregasi seperti hasil persilangan antara KW 162 dengan klon-klon rentan. Hasil analisis ini juga membuktikan tidak ada pengaruh induk betina dalam pewarisan ketahanan VSD sebab nisbah pada populasi F₁ maupun resiprok mengikuti pola yang sama.

KESIMPULAN

1. Terdapat perbedaan nyata respons ketahanan VSD antar hibrida kakao yang diuji. Hibrida-hibrida hasil persilangan yang melibatkan tetua tahan (KW 162,

KEE 2, dan KW 165) memiliki ketahanan VSD bervariasi antara agak tahan hingga tahan, sedangkan hibrida hasil persilangan antara klon rentan (TSH 858 dan NIC 7) bersifat rentan. Hibrida-hibrida yang termasuk kategori tahan adalah TSH 858 x KW 162 (F_1 dan resiprok), KW 162 x KEE 2 (F_1 dan resiprok), KW 162 x ICS 13, KW 165 x KEE 2.

2. Berdasarkan rerata tetua, KW 162 menghasilkan rerata skor kerusakan yang rendah baik digunakan sebagai tetua betina maupun tetua jantan, sedangkan KEE 2 menghasilkan rerata skor kerusakan relatif sama dengan TSH 858 yang bersifat rentan. Hasil analisis tidak menemukan adanya pengaruh induk betina dalam pewarisan ketahanan VSD sebab rerata skor kerusakan antara F_1 dan resiprokal tidak berbeda nyata.
3. Nilai dayawaris arti luas skor kerusakan VSD tergolong tinggi (0,93) mencerminkan bahwa sifat ketahanan VSD merupakan ekspresi genetik tanaman. Pola pewarisan sifat ketahanan VSD berbeda antarklon tahan sebab pola segregasi hibrida hasil persilangan KW 162 mengikuti nisbah 15 tahan : 1 rentan, sedangkan pola segregasi hibrida hasil persilangan KEE 2 mengikuti nisbah 1 tahan : 1 rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu-Ampomah, E.G. Asante & S.Y. Opoku (2006). Farmers' knowledge, attitudes and perceptions of innovation in cocoa production and implications for participatory improved germplasm development. p. 11–25. *In:* A.B. Eskes, Y. Efron, M.J. End & F. Bekele (Eds.). *International Workshop on Cocoa Breeding for Farmers' Needs in San José, Costa Rica*. INGENIC and CATIE.
- Crowder, L.V. (2006). *Genetika Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh L. Kusdiarti & Soetarso. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 499 pp.
- Djocgoue, P.F.; T. Boudjeko; H.D. Mbouobda; D.J. Nankeu; I. El Hadrami & N.D. Omokolo (2007). Heritability of phenols in the resistance of *Theobroma cacao* against *Phytophthora megakarya*, the causal agent of black pod disease. *Journal of Phytopathology*, 155, 519–525.
- Eskes, A.B. (2006). Rationale of the selection and breeding approaches adopted in the CFC/ICCO/IPGRI project. p. 23–27. *In:* A.B. Eskes & Y. Efron (Eds.) Final report of the CFC/ICCO/IPGRI project on "Cocoa Germplasm Utilization and Conservation: a Global Approach" (1998-2004). CFC, Amsterdam, The Netherlands/ICCO, London, UK/IPGRI, Rome, Italy.
- Guest, D. & P. Keane (2007). Vascular-streak dieback: A new encounter disease of cacao in Papua New Guinea and Southeast Asia caused by the obligate basidiomycete *Oncobasidium theobromae*. *Phytopathology*, 97, 1654–1657.
- Keane, P.J. (2000). Biology and control of vascular streak dieback of cocoa. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 17, 46–59.
- Lachenaud, Ph.; D. Paulin; M. Ducamp & J.M. Thevenin (2007). Review: Twenty years of agronomic evaluation of wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) from French Guiana. *Scientia Horticulturae*, 113, 313–321.
- Opoku, S.Y.; R. Bhattacharjee; M. Kolesnikova-Allen, E.G. Asante; M.A. Dadzie & Y. Adu-Ampomah (2009). Profile and Genetic Diversity of Planting Materials in Ghana Cocoa Farms. p. 61–72. *In:* A.B. Eskes,

- Y. Efron, M.J. End & F. Bekele (Eds.). *International Workshop on Cocoa Breeding for Farmers' Needs in San José, Costa Rica*. INGENIC and CATIE.
- Pokou, N.D.; J.A.K. N'Goran, A.B. Eskes & A. Sangaré (2009). Cocoa Farm Survey in Côte d'Ivoire. p. 24–30. **In:** A.B. Eskes, Y. Efron, M.J. End & F. Bekele (Eds.). *International Workshop on Cocoa Breeding for Farmers' Needs in San José, Costa Rica*. INGENIC and CATIE.
- Singh R.K. & B.D. Chaudhary (1979). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers, New Delhi.
- Strickberger, M.W. (1976). *Genetics*. Second edition. MacMillan Publishing Co., Inc. NY and Collier MacMillan Publishers London.
- Suhendi, D.; A.W. Susilo & S. Mawardi (2000). Kompatibilitas persilangan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 16, 85–91.
- Susilo, A.W. (2000). Hasil pendahuluan evaluasi respons ketahanan VSD koleksi plasma nutfah kakao di KP Kaliwining. *Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. Tidak dipublikasikan.
- Susilo, A.W. & D. Suhendi (2001). Respons beberapa hibrida F1 kakao terhadap vascular-streak dieback (VSD, *Onco-basidium theobromae*). pp. 380–383. **In:** A. Purwantara, D. Sitepu, I. Mustika, K. Mulya, M.S. Sudjono, M. Machmud, S.H. Hidayat, Supriadi & Widono (Eds.). *Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*, Bogor.
- Susilo, A.W. & D. Suhendi (2006). Identifikasi penyebaran klon kakao asal Malaysia di wilayah Sulawesi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 22, 20–27.
- Susilo, A.W.; D. Suhendi & S. Mawardi (2001). Daya gabung sifat kerentanan terhadap penyakit *vascular-streak dieback* beberapa klon kakao. *Pelita Perkebunan*, 17, 97–104.
- Susilo, A.W.; S. Mawardi & Sudarsianto (2009). Keragaan dayahasil klon kakao (*Theobroma cacao* L.), Sca 6 dan DRC 15, tahan penyakit pembuluh kayu. *Pelita Perkebunan*, 25, 76–87.
- Tan, G.Y. (1992). Cocoa breeding in Papua New Guinea and its relevance to pests and diseases control. pp. 117–128. **In:** P.J. Keane & C.A.J. Putter (Eds.). *Cocoa Pest and Diseases Management in Southeast Asia and Australasia*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
