

KETAHANAN 35 KLON KAKAO TERHADAP INFEKSI *Phytophthora palmivora* Butl. BERDASARKAN UJI *DETACHED POD*

RUBIYO¹, AGUS PURWANTARA², dan SUDARSONO³

¹⁾ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali

²⁾ Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia Bogor

³⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura Fak.Pertanian IPB Bogor

Alamat surat : rubiyo_rb@yahoo.co.id

(Diterima Tgl. 20 - 10 - 2010 - Disetujui Tgl. 1 - 12 - 2010)

ABSTRAK

Pemuliaan untuk menghasilkan klon yang toleran terhadap penyakit busuk buah kakao sudah lama dilakukan di Indonesia. Pengendalian yang efektif dan efisien terhadap penyakit ini adalah dengan menggunakan bahan tanaman yang tahan. Tetapi untuk mendapatkan atau merakit bahan tanaman yang tahan memerlukan waktu yang lama, juga ketersediaan plasma nutfah yang memiliki keragaman genetik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respon koleksi kakao terhadap infeksi penyakit busuk buah *P. palmivora*. Kegiatan yang telah dilakukan adalah pengujian ketahanan 35 klon kakao terhadap infeksi *P. palmivora* berdasarkan uji *detached pod*, dan menentukan ada tidaknya hubungan antara tipe kakao dan bentuk buahnya dengan sifat ketahanan terhadap infeksi *P. palmivora*, serta kerentanan klon kakao terhadap infeksi *P. palmivora* pada koleksi plasma nutfah kakao. Penelitian dilakukan di Laboratorium Penyakit Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia Jember pada Tahun 2008. Penelitian ini menggunakan buah kakao dari 35 klon buah 4 bulan setelah antesis. Buah yang dipetik dari pohon diinokulasi dengan miselia *P. palmivora* di laboratorium. Pengamatan dilakukan terhadap panjang dan lebar bercak yang diakibatkan oleh infeksi *P. palmivora* terhadap buah kakao yang diuji. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa klon kakao yang tahan terhadap penyakit busuk buah (*P. palmivora*) adalah klon ICCRI 1, PA 300, ICCRI 3, UIT 1, NIC 4, DR 38, ICS 13, Sca 6, TSH 858 dan ICS 60 merupakan 10 klon kakao yang mempunyai tingkat resistensi tinggi terhadap infeksi *P. palmivora* dari 35 plasma nutfah klon kakao yang diuji. Klon kakao yang sangat rentan adalah RCC 73, KKM 22, NIC 7, DRC 16, RCC 71, BL 300, BL 301, KEE 2, TSH 908 dan DRC 15. Klon kakao yang dapat digunakan sebagai tetua untuk proses seleksi lebih lanjut adalah: ICCRI 1, PA 300, ICCRI 3, UIT 1, TSH 858, NIC 4, DR 38, ICS 13, dan Sca 6.

Kata kunci : *Theobroma cocoa*, kakao, busuk buah, evaluasi, plasma nutfah, uji ketahanan

ABSTRACT

Resistance of 35 Cocoa Clones against *Phytophthora palmivora* Butl. Infection Based on Detached POD Assays

Breeding to produce clones tolerant to black pod disease of cocoa has long been done in Indonesia. Effective and efficient control of this disease is by using resistant planting material. But to obtain or assemble resistant planting materials require long period of time, also the availability of germplasm with high genetic diversity. This research activities were conducted to evaluate the response of cocoa collection against infection of black pod disease caused by *Phytophthora palmivora*. The objectives of this experiment were (i) to evaluate the response of 35 cocoa clones against infection of *P. palmivora* using detached pod assay, (ii) to determine the most resistance cocoa clones, and (iii) the most susceptible cocoa clones among evaluated cocoa germplasm collection

against infection of *P. palmivora*. The research was conducted at the Disease Laboratory of Indonesian Center for Coffee and Cocoa Research Institute in 2008. In the experiment, pods of 35 cocoa clones (at 4-5 months after anthesis) were harvested and inoculated with mycelia of *P. palmivora* in the laboratory. Observations were conducted on length and width of necrosed symptoms because of *P. palmivora* infection on the surface of the tested pods. The experiment showed that ICCRI 1, PA 300, ICCRI 3, UIT 1, NIC 4, DR 38, ICS 13, TSH 858, SCA 6, and ICS 60 were the ten most resistant cocoa clones. On the other hand, cocoa clones of RCC 73, KKM 22, NIC 7, DRC 16, RCC71, BL 300, BL 301, KEE 2, TSH 908, and DRC 15 were the ten most susceptible cocoa clones. Genotypes used as the parental clones for future selection process were clones: ICCRI 1, ICCRI 3, ICS 13, TSH 858, UIT 1, PA 300, NIC 4, DR 38, and Sca 6.

Key words: *Theobroma cocoa*, cocoa, black pods, germplasm evaluation, resistance tests

PENDAHULUAN

Strategi efektif untuk mengatasi permasalahan busuk buah kakao di lapangan adalah dengan menanam klon kakao yang resisten atau toleran terhadap infeksi *Phytophthora palmivora* Butl. Sebagai patogen penyebab busuk buah kakao, infeksi *P. palmivora* merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya kakao rakyat di Indonesia. Serangan penyakit busuk buah kakao menyebabkan terjadinya penurunan hasil kakao hingga 45,5% (PRAWIROSOEMARDJO dan PURWANTARA, 1992). Di perkebunan kakao rakyat, kehilangan hasil akibat serangan penyakit busuk buah kakao diduga lebih tinggi lagi karena kurang intensifnya pemeliharaan tanaman.

Pengembangan klon kakao yang lebih toleran terhadap infeksi *P. palmivora* tetapi tetap berproduksi tinggi perlu dilakukan. Strategi pemuliaan ketahanan terhadap penyakit ini juga diterapkan di Papua New Guinea (EFROM *et al.*, 2003). Klon kakao unggul tersebut dapat dirakit melalui hibridisasi terkontrol antara tetua yang resisten atau toleran dengan yang berdaya hasil tinggi. Untuk itu, identifikasi plasma nutfah kakao yang resisten atau toleran terhadap infeksi *P. palmivora* perlu dilakukan. Kegiatan penelitian telah dilakukan untuk pengembangan klon kakao

yang meningkat resistensinya terhadap infeksi *P. palmivora* dan berdaya hasil tinggi (SUDARSONO *et al.*, 2007; SUHENDI dan SUSILO, 2001). Keberhasilan pengembangan klon kakao unggul yang lebih resisten atau toleran terhadap infeksi *P. palmivora* sangat tergantung pada tersedianya klon kakao yang resisten terhadap infeksi *P. palmivora* sebagai tetua donor.

Dalam penelitian sebelumnya, isolat *P. palmivora* asal Indonesia telah diisolasi dari buah kakao sakit dari lapangan (RUBIYO *et al.*, 2008a). Isolat *P. palmivora* yang mempunyai sifat patogenisitas tinggi telah diidentifikasi dan dapat digunakan untuk menguji respon plasma nutfah kakao terhadap infeksi *P. palmivora*. Selain itu, metode yang efektif untuk mengidentifikasi klon kakao yang resisten atau toleran terhadap infeksi *P. palmivora* juga telah dikembangkan (RUBIYO *et al.*, 2008b).

Klon-klon kakao di Indonesia umumnya termasuk ke dalam dua jenis yaitu forastero dan trinitario (WOOD, 1985). Sedangkan jika dilihat dari bentuk buahnya maka klon-klon kakao tersebut mempunyai bentuk buah amelado, angoleta, calabasillo, atau candomaur. Ada tidaknya hubungan antara tipe kakao dan bentuk buah klon-klon kakao koleksi Puslit Kopi dan Kakao Indonesia dengan respon ketahanan terhadap infeksi *P. palmivora* merupakan hal yang menarik untuk diketahui karena dapat dijadikan dasar pengembangan idiotipe klon-kakao unggulan.

Analisis komponen varian genetik untuk sifat ketahanan terhadap infeksi *P. palmivora* dapat menghasilkan informasi yang berguna dalam mendukung kegiatan pemuliaan tanaman, termasuk pemuliaan tanaman kakao. Dengan didapatkannya nilai komponen varian genetik akan dapat diduga pola penurunan sifat (heritabilitas) resistensi terhadap infeksi *P. palmivora* pada kakao.

Sifat tanaman terekspresi sebagai pengaruh faktor genetik dan lingkungan yang bertindak secara simultan. Parameter genetik digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui peranan genetik terhadap fenotipik sifat tanaman. Oleh karena itu, pengukuran parameter genetik harus dilakukan dalam tahapan suatu kegiatan pemuliaan tanaman kakao.

Tujuan penelitian yang dilakukan antara lain: (i) menguji ketahanan 35 klon kakao terhadap infeksi *P. palmivora* berdasarkan uji *detached pod*, (ii) menentukan ada tidaknya hubungan antara tipe kakao dan bentuk buahnya dengan sifat ketahanan terhadap infeksi *P. palmivora*, dan (iii) menghitung komponen varian genetik dan melakukan pendugaan nilai heritabilitas sifat ketahanan kakao terhadap infeksi *P. palmivora*.

BAHAN DAN METODE

Ketahanan klon kakao terhadap infeksi busuk buah diuji dengan menggunakan uji *detached pod* di laboratorium. Dalam pengujian ini digunakan buah kakao dari 35

klon yang berumur kurang lebih 4 bulan sesudah antesis (buah telah berkembang sempurna tetapi belum masak). Buah yang terbebas dari infeksi busuk buah dipanen dan digunakan untuk uji *detached pod* di laboratorium.

Isolat *P. palmivora* *indigenus* LBSUMBAR yang diketahui sangat patogenik dari penelitian sebelumnya (RUBIYO *et al.*, 2008a), digunakan sebagai inokulum. Kultur patogen diinkubasikan selama tujuh hari pada kondisi gelap dalam ruang kultur bersuhu 26°C. Hanya miselia patogen yang sedang aktif tumbuh di bagian ujung koloni yang digunakan sebagai inokulum miselia dalam percobaan.

Sebelum diinokulasi dalam uji *detached pod*, buah sehat yang telah dipanen dicuci dengan air mengalir. Buah kakao dilukai dengan cara membuat lubang berdiameter 8 mm dan sedalam 5 mm dengan menggunakan bor gabus. Potongan media PDA (diameter 8 mm) dengan miselia *P. palmivora* yang aktif tumbuh (sebagaimana telah disiapkan sebelumnya) ditempelkan pada permukaan buah kakao yang telah dilukai. Buah yang sudah diinokulasi diinkubasi dalam kotak yang dilapisi dengan aluminium foil. Di dalam kotak diletakkan busa yang telah dibasahi dengan air steril untuk menjaga kelembapan udara di dalam kotak. Kotak inkubasi disungkup dengan plastik untuk menjaga kelembapannya (100%) dan diletakkan dalam ruang gelap pada suhu kamar (28° C) selama tujuh hari.

Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap. Satuan percobaan terdiri atas 3 buah kakao untuk setiap klon kakao yang diuji dan diulang tiga kali. Dalam percobaan yang dilakukan, sembilan buah kakao (3 buah/unit x 3 ulangan) diinokulasi untuk setiap klon kakao. Total klon kakao yang diuji sebanyak 35 klon sehingga total buah yang diinokulasi dalam percobaan sebanyak 315 buah (3 buah/unit x 3 ulangan x 35 klon). Penelitian untuk mengetahui tingkat ketahanan berdasarkan tipe dan bentuk buah kakao mengacu pada kriteria yang ditetapkan oleh CHEESMAN, 1944 *cit* SUHENDI *et al.*, 2005). Buah kakao yang masuk kelompok trinitario maupun forastero dikelompokkan sesuai dengan jenis klon yang diuji. Hal ini juga dilakukan terhadap penelitian yang berdasarkan bentuk buah kakao yang ditetapkan berdasarkan klon yang digunakan sebagai bahan penelitian.

Respon buah yang diinokulasi diamati sejak tiga hingga tujuh hari sesudah inokulasi (HSI). Pengamatan dilakukan terhadap luas bercak (L) di permukaan buah kakao yang diuji menggunakan rumus:

$$L = 3,14 * ([p+1]/4)^2$$

dimana : L = luas bercak

p = panjang

l = lebar

Luas bercak yang muncul selanjutnya digunakan untuk mengelompokkan respon ketahanan buah yang diuji terhadap infeksi *P. palmivora*. Buah yang diuji dikelompokkan sebagai imun jika setelah diinokulasi tidak

menunjukkan gejala infeksi *P. palmivora* (tidak menghasilkan bercak); tahan jika luas bercak <25 cm²; agak tahan jika antara 25 - 50 cm²; agak rentan jika antara 50 - 75 cm²; rentan jika antara 75 - 100 cm², dan sangat rentan jika >100 cm².

Berdasarkan informasi yang didapat dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, ketiga puluh lima (35) klon kakao yang diuji dikelompokkan ke dalam dua tipe kakao, yaitu tipe forastero atau trinitario. Selain itu, bentuk buah masing-masing klon yang diuji dikelompokkan ke dalam empat kelompok, yaitu amilado, angoleta, calabasil, atau candomaur. Selanjutnya, analisis dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara tipe kakao, bentuk buah, dan respon ketahanan buah kakao terhadap infeksi *P. palmivora* yang diuji dengan menggunakan uji *detached pod* di laboratorium. Di samping itu, dilakukan analisis sidik ragam dan nilai duga ragam genetik. Identitas tetua yang menunjukkan hasil resisten akan digunakan sebagai calon tetua donor P1 sedangkan yang rentan terhadap infeksi *P. palmivora* akan digunakan sebagai tetua *recurrent* P2. Nilai luas bercak digunakan sebagai tolak ukur ketahanan terhadap *P. palmivora*. Berdasarkan peubah tersebut dapat dihitung nilai duga parameter genetik antara lain: daya waris arti luas (h_{bs}^2), kovarian ragam genetik (KVG), respon seleksi (R) dan kemajuan genetik (KG) sesuai rumus SINGH dan CHAUDHARY, (1979) sebagai berikut :

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$h_{bs}^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$R = i \cdot h_{bs}^2 \cdot \sigma_p \dots\dots\dots(3)$$

$$KVG = \left[\frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

$$KG (\%) = \left[\frac{R}{\bar{X}} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

$\bar{X}$	= rata-rata
i	= intensitas seleksi
h_{bs}^2	= heritabilitas arti luas
R	= respon seleksi
σ_g^2	= ragam genetik
σ_p^2	= ragam penotip
KVG	= kovarian ragam genetik
KG	= kemajuan genetik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokan Respon Ketahanan terhadap Infeksi *P. palmivora* Berdasarkan Luas Bercak

Hasil pengamatan rata-rata luas bercak pada buah kakao yang diberi perlakuan inokulasi dengan miselia *P. palmivora* menggunakan metode *detached pod assay* di

laboratorium pada 3 - 7 hari sesudah inokulasi (HSI) disajikan pada Tabel 1. Dari data yang didapat terlihat bahwa klon kakao ICRI 1, PA 300, ICRI 3, UIT 1, NIC 4, DR 38, ICS 13, TSH 858, Sca 6, dan ICS 60 merupakan 10 klon kakao yang paling resisten terhadap infeksi *P. palmivora* di antara 35 klon kakao yang diuji. Apabila digunakan sebagai salah satu variabel ketahanan klon kakao terhadap penyakit busuk buah *P. palmivora*, rata-rata pertambahan bercak tertinggi adalah DRC 15 (52,50 cm²), rata-rata pertambahan bercak terkecil adalah ICCRI 1 (3,80 cm²). Berdasarkan hasil penelitian (HALIMAH dan SUKAMTO, 2007; SUSILO *et al.*, 2009) terhadap penyakit VSD, klon DRC 15 adalah termasuk kelompok yang tahan, sehingga hasil penelitian berdasarkan uji ketahanan terhadap *P. palmivora* klon tersebut termasuk kelompok yang rentan.

Sebaliknya, kakao klon RCC 73, KKM 22, NIC 7, DRC 16, RCC71, BL 300, BL 301, KEE 2, TSH 908, dan DRC 15 merupakan 10 klon kakao yang paling rentan terhadap infeksi *P. palmivora* di antara 35 klon kakao yang diuji. Peubah-peubah tersebut merupakan tolak ukur ketahanan tanaman pasca penetrasi pada buah kakao, sehingga hal ini menunjukkan bahwa faktor genetik berpengaruh nyata terhadap ketahanan *P. palmivora*. Luas bercak menurut IWARO *et al.* (1999), merupakan tolak ukur utama terhadap infeksi patogen ini.

Hubungan antara Tipe Kakao dan Respon Ketahanan

Tidak ada perbedaan ketahanan antara bentuk buah amilado, angoleta maupun candomaur (Tabel 2 dan 3). Begitu juga pada tipe kakao, jenis forastero tidak selalu memberikan ketahanan yang lebih baik dibandingkan jenis yang lainnya. PA 300 yang masuk tipe Forastero merupakan jenis yang tahan tetapi PA7 dari jenis yang sama sangat rentan terhadap inokulasi *P. palmivora*. Begitu juga tipe kakao yang lain seperti trinitario terdiri dari klon-klon yang bervariasi dari tahan sampai sangat rentan. Dengan demikian jenis atau tipe kakao tidak bisa digunakan sebagai peubah untuk menentukan tingkat ketahanan terhadap patogen ini. Ini dapat menjelaskan bahwa, penetrasi inokulum *P. palmivora* tidak dipengaruhi oleh bentuk buah yang memiliki kulit kasar maupun kakao yang berkulit halus. Hasil ini memberikan gambaran bahwa ketahanan kakao tidak ditentukan oleh jenis atau tipe kakao tetapi ada gen lain yang mengatur. Ketahanan kakao diduga cenderung mengikuti tipe mekanisme ketahanan struktural maupun biokimia.

Permukaan daun dan permukaan buah kakao mempunyai alur primer yang diperkirakan dapat mempengaruhi penyebaran, disposisi, dan pertumbuhan pra-penetrasi inokulum. Bentuk buah akan mempengaruhi disposisi inokulum, misalnya jenis kakao yang mempunyai kulit yang kasar akan menahan air di antara kulit kakao,

Tabel 1. Rata-rata luas bercak pada buah yang diinokulasi dengan miselia *P. palmivora* berdasarkan uji *detached pod* di laboratorium. Pengamatan dilakukan pada 3 - 7 hari sesudah inokulasi (HSI)Table 1. The mean of spot area on cocoa pod inoculated by *P. palmivora* using detached pod analysis in laboratory. The observation conducted on three until seven days after inoculation

Klon kakao Cocoa clone	Luas bercak pada hari pengamatan (HSI) Spot area on the observation day					Rata-rata pertambahan luas (cm ² /hari)* The mean of area increasing (cm ² /day)
	3	4	5	6	7	
ICCRI1	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0	3,8
PA300	0,0	0,7	3,3	11,0	22,9	5,7
UIT1	0,4	2,5	8,7	18,2	37,1	9,2
NIC4	1,1	2,9	5,6	39,3	39,3	9,6
DR38	4,0	8,3	15,9	40,7	40,7	9,2
ICCRI3	0,0	1,2	4,0	10,5	30,5	7,6
NW6261	2,9	9,0	17,2	77,6	77,6	18,7
SD6225	0,0	0,5	17,6	80,2	80,2	20,1
BL97	0,0	16,5	18,6	91,3	91,3	22,8
ICCRI2	6,1	24,0	47,2	121,7	121,7	28,9
PA303	3,9	8,9	36,8	22,9	123,7	30,0
RCC73	5,4	19,7	44,2	80,9	129,9	31,1
NIC7	6,6	20,2	28,5	133,1	133,1	31,6
ICS60	1,6	4,4	16,3	38,6	45,2	10,9
TSH858	0,3	2,9	13,1	30,0	65,1	16,2
SCA 126	0,0	6,0	21,8	45,9	70,9	17,7
DR1	2,7	8,7	21,1	43,4	76,3	18,4
RCC72	4,7	4,7	14,1	34,3	76,3	17,9
SCA 1289	7,4	12,2	33,5	69,8	113,7	26,6
KKM22	1,0	9,0	23,3	72,8	130,7	32,4
BL300	5,6	19,3	47,5	89,7	154,0	37,1
ICS13	1,1	5,3	13,8	29,8	73,8	18,2
DR2	2,0	7,3	20,9	46,3	97,2	23,8
PBC123	1,7	8,4	22,1	56,7	101,7	25,0
PA7	2,2	7,0	22,9	59,9	104,0	25,5
ICCRI4	1,0	6,8	17,1	57,2	108,3	26,8
SCA 1212	2,2	10,8	28,8	65,6	109,3	26,8
GC7	7,7	28,4	64,6	121,1	117,1	27,4
RCC70	3,0	11,7	32,8	69,6	124,9	30,5
DRC16	2,9	12,6	37,7	86,9	137,0	33,5
RCC71	3,0	12,4	34,6	77,9	139,7	34,2
BL301	1,7	6,6	19,6	43,5	157,4	38,9
KEE2	4,8	20,9	51,0	100,6	162,5	39,4
TSH908	9,1	30,1	68,2	133,6	208,1	49,8
DRC15	6,3	24,1	57,3	132,6	216,4	52,5

Keterangan : *Rata-rata pertambahan luas bercak (ΔL) dihitung dengan rumus $\Delta L = \sum (X_n - X_{(n-1)})/N$ (Rumus 6), X_n adalah rata-rata luas bercak pada hari ke-n dan $X_{(n-1)}$ adalah rata-rata luas bercak pada hari ke n-1, N adalah jumlah pengamatan yang dilakukan,Note : *The mean of spot area calculated by formula $\Delta L = \sum (X_n - X_{(n-1)})/N$, X_n is the mean of spot area on n day and $X_{(n-1)}$ is the mean of spot area on n-1 day, N is number of the observation done

sehingga inokulum akan berkecambah dan menetrasi pada buah kakao. Ciri morfologi buah tidak berkorelasi dengan ketahanan pasca penetrasi, ini menunjukkan kemungkinan peran mekanisme biokimiawi (IWARO *et al.*, 1997).

Berdasarkan persentase buah tanpa gejala (Tabel 2), menunjukkan kakao yang memiliki respon tahan sampai dengan agak tahan rata-rata buah yang tidak menunjukkan gejala cukup tinggi yaitu antara 55,6 - 88,9%. Terkecuali ICS 13 walaupun masuk dalam kelompok agak tahan, tetapi seluruh buah yang diuji begitu juga ICCRI 3 terdapat 66,7% buah klon ini terinfeksi walaupun masuk kelompok respon agak tahan. Klon ICS 13 memiliki luas bercak 45,2 cm², hal ini mengindikasikan bahwa persentase buah yang terinfeksi *P. palmivora* tidak mampu mendegradasi sel buah kakao tersebut, sehingga bercak tidak dapat berkembang secara cepat. Diduga klon tersebut memiliki mekanisme pertahanan sehingga mampu menghentikan laju degradasi sel yang disebabkan oleh infeksi patogen tersebut.

Pendugaan Nilai Ragam Genetik

Hasil analisis ragam (Tabel 4) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nyata genotipe terhadap peubah luas bercak pada hari ke-6 dan ke-7 pada aras 5%. Peubah-peubah tersebut merupakan tolak ukur ketahanan tanaman pasca penetrasi pada buah sehingga hal ini menunjukkan bahwa faktor genetik berpengaruh nyata terhadap ketahanan terhadap *P. palmivora*. Luas bercak merupakan tolak ukur utama terhadap *P. palmivora* (IWARO *et al.*, 1999), sehingga bahasan ini akan menitikberatkan pada peubah luas bercak.

Nilai duga heritabilitas arti luas peubah luas bercak hari ke-6 dan ke-7 setelah inokulasi tergolong sedang dan tinggi (Tabel 4). Nilai duga daya waris ini merupakan parameter genetik yang mengungkap proporsi ragam genetik terhadap ekspresi sifat-sifat tersebut. Kontribusi

ragam genetik terhadap ekspresi luas bercak masing-masing adalah (36,9%) dan (53,2%). Hal ini menunjukkan bahwa peran faktor genetik terhadap ekspresi kerentanan tanaman terjadi secara berimbang dengan pengaruh faktor non genetik. Faktor non genetik dalam hal ini lingkungan (suhu dan kelembapan), patogen ini akan menginfeksi jika terjadi kelembapan yang tinggi. Apabila tidak tercapai kelembapan minimal yang dibutuhkan untuk menumbuhkan miselia patogen tersebut, maka patogen tidak mampu menginfeksi buah kakao oleh karena itu kelembapan sangat berperan dalam uji ketahanan. Oleh karena itu untuk

Tabel 2. Persentase buah tanpa gejala, rata-rata luas bercak, dan respon kakao terhadap infeksi *P. palmivora* pada 7 hari sesudah inokulasi (HSI)

Table 2. Percentage of cocoa pod without symptom, mean of spot area, and responses of cocoa to *P. palmivora* infection on seven days after inoculation

Klon kakao Cocoa clone	Buah tanpa gejala Cocoa pod without symptom (%)	Luas bercak (cm ²) Spot area (cm ²)	Respon* Response
ICCR11	77,8	15,0	TH
PA300	55,6	22,9	TH
ICCR13	33,3	30,5	AT
UIT1	55,6	37,1	AT
NIC4	77,8	39,3	AT
DR38	88,9	40,7	AT
ICS13	0,0	45,2	AT
TSH858	11,1	65,1	AR
SCA 126	22,2	70,9	AR
ICS60	11,1	73,8	AR
DR1	11,1	76,3	RT
RCC72	11,1	76,3	RT
NW6261	44,4	77,6	RT
SD6225	44,4	80,2	RT
BL97	44,4	91,3	RT
DR2	0,0	97,2	RT
PBC123	0,0	101,7	SR
PA7	0,0	104,0	SR
ICCR14	0,0	108,3	SR
SCA 1212	0,0	109,3	SR
SCA 1289	11,1	113,7	SR
GC7	0,0	117,1	SR
ICCR12	44,4	121,7	SR
PA303	33,3	123,7	SR
RCC70	0,0	124,9	SR
RCC73	33,3	129,9	SR
KKM22	11,1	130,7	SR
NIC7	33,3	133,1	SR
DRC16	0,0	137,0	SR
RCC71	0,0	139,7	SR
BL300	11,1	154,0	SR
BL301	0,0	157,4	SR
KEE2	0,0	162,5	SR
TSH908	0,0	208,1	SR
DRC15	0,0	216,4	SR

Keterangan : *TH: tahan (luas bercak <25 cm²), AT: agak tahan (25-50 cm²), AR: agak rentan, RT: rentan, dan SR: sangat rentan terhadap infeksi *P. palmivora*

Note : *TH : resistant (spot area <25 cm²), AT : rather resistant (25-50 cm²), AR : susceptible (50-75 cm²), and SR : very susceptible (>100 cm²) to *P. palmivora* infection

mendapatkan tingkat ketahanan yang diinginkan, maka kelembapan yang tinggi sangat diperlukan oleh patogen ini untuk tumbuh dan berkembang yang pada akhirnya spora mempenetrasi permukaan buah kakao. Apabila kondisi lingkungan atau kelembapan rendah maka spora dari patogen ini akan mati. Sehingga bila hal ini terjadi ketahanan kakao yang dihasilkan bukan karena faktor genetik tetapi karena faktor lingkungan yang dominan akibat ketidakmampuan patogen berkecambah dan mempenetrasi buah kakao.

Nilai heritabilitas tersebut merupakan tolak ukur pendugaan keefektifan seleksi (JOHNSON, 1978), hal ini juga dilakukan terhadap tanaman cabe untuk menduga parameter genetik dengan analisis dialel (SAOSA dan MALUF, 2003).

Tabel 3. Tipe kakao, bentuk buah dan respon klon kakao terhadap infeksi *P. palmivora* pada 7 hari sesudah inokulasi (HSI)

Table 3. Cocoa type, pod shape, and responses of cocoa clones to *P. palmivora* on seven days after inoculation

Klon kakao Cocoa clone	Tipe kakao* Cocoa type	Bentuk buah* Pod shape	Respon** Response
PA300	Forastero	Amilonado	TH
BL97	Forastero	Amilonado	RT
PA303	Forastero	Amilonado	SR
BL300	Forastero	Amilonado	SR
PA7	Forastero	Amilonado	SR
BL301	Forastero	Amilonado	SR
SCA 126	Forastero	Angoleta	AR
NW6261	Forastero	Angoleta	RT
SCA 1289	Forastero	Angoleta	SR
SCA 1212	Forastero	Angoleta	SR
KEE2	Forastero	Angoleta	SR
NIC4	Forastero	Angoleta	AT
NIC7	Forastero	Angoleta	SR
RCC72	Forastero	Calabasilo	RT
RCC73	Forastero	Calabasilo	SR
RCC70	Forastero	Calabasilo	SR
RCC71	Forastero	Calabasilo	SR
PBC123	Trinitario	Angoleta	SR
ICCR11	Trinitario	Angoleta	TH
UIT1	Trinitario	Angoleta	AT
DR38	Trinitario	Angoleta	AT
ICS13	Trinitario	Angoleta	AT
ICS60	Trinitario	Angoleta	AR
TSH858	Trinitario	Angoleta	AR
DR1	Trinitario	Angoleta	RT
DR2	Trinitario	Angoleta	RT
SD6225	Trinitario	Angoleta	RT
ICCR12	Trinitario	Angoleta	SR
DRC16	Trinitario	Angoleta	SR
TSH908	Trinitario	Angoleta	SR
DRC15	Trinitario	Angoleta	SR
ICCR13	Trinitario	Calabasilo	AT
ICCR14	Trinitario	Calabasilo	SR
GC7	Trinitario	Candomaur	SR
KKM22	Trinitario	Angoleta	SR

Keterangan : *Data diperoleh dari Puslit Kopi dan Kakao Indonesia. **TH: tahan, AT: agak tahan, AR: agak rentan, RT: rentan, dan SR: sangat rentan terhadap infeksi *P. palmivora*

Note : *Data of cocoa type and pod shape obtained from ICCRI
**TH : resistant, AT : rather resistant, AR : , and SR : very susceptible to *P. palmivora* infection

Tabel 4. Nilai duga ragam genetik luas bercak setelah inokulasi hari ke-6 dan ke-7

Table 4. Genetic varian estimation value of spot area after 6th and 7th days of inoculation

Table 4. Genetic varian estimation value of spot area after 6th and 7th days of inoculation						
Peubah Variable	Parameter genetik Genetic parameter					
	σ^2_g	σ^2_p	h^2_{bs}	KVG (%)	R	KG (%)
Luas bercak hari ke-6 Spot area on 6th days	5,607	15,198	0,369	30,519	1,281	49,558
Luas bercak hari ke-7 Spot area on 7th days	6,954	13,059	0,532	33,986	1,589	66,575

Keterangan : Varian genetik (σ_g^2); Varian fenotip (σ_p^2); Heritabilitas arti luas (h_{bs}^2); Kovarian ragam genetik (KV); Respon seleksi (R); Kemajuan genetik (KG)
 Note : Genetic varian (σ_g^2); Phenotype varian (σ_p^2); Heritability in bigger sense (h_{bs}^2), Genetic ovarian (KV); Selection response (R); Genetically improved (KG)

Berdasarkan hasil ini, seleksi akan kurang efektif bila dilakukan saat kondisi faktor-faktor non genetik kurang mendukung. Terdapat 2 faktor yang diidentifikasi berpengaruh terhadap ekspresi kerentanan tanaman kakao terhadap *P. palmivora* yaitu tingkat kelembatan buah dan kemampuan tanaman menghindari (*escape*) dan infeksi *P. palmivora* (KEBE *et al.*, 1999).

Nilai koefisien ragam genetik (KVG) merupakan tolak ukur variabilitas genetik tanaman. Berdasarkan tolak ukur ini variabilitas kerentanan terhadap *P. palmivora* termasuk kategori luas karena KVG peubah yang diukur dua kali lebih besar dari pada standar deviasi ragam genetik. Hal ini menunjukkan bahwa ada variasi yang tinggi sifat kerentanan terhadap *P. palmivora*. Oleh karena itu perbaikan genetik ketahanan terhadap *P. palmivora* melalui cara seleksi cukup baik sebab tersedia variasi genetik yang besar. Peubah luas bercak merupakan tolak ukur ketahanan yang menggambarkan respon kerentanan tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi yang mendasarkan kriteria ini dianggap sebagai proses seleksi negatif. Artinya bahwa kemajuan genetik diukur berdasarkan intensitas seleksi terhadap genotipe yang tidak diikuti dalam proses seleksi lanjut. Berdasarkan hasil ini terdapat 8 klon yang mempunyai luas bercak lebih kecil dibandingkan klon Sca 6, dan 26 klon yang lain tidak layak diikuti seleksi lanjutan. Genotipe yang memiliki luas bercak (cm^2) lebih kecil dibandingkan dengan Sca 6 terdiri dari klon (ICCRI 1 (15,0), Pa 300 (22,9), ICCRI 3 (30,5), UIT 1 (37,1), NIC4 (39,3), DR 38 (40,7), ICS 13 (45,2), dan TSH 858 (65,1) Kedelapan genotipe tersebut dapat digunakan sebagai tetua untuk proses seleksi lebih lanjut.

Dengan demikian nilai intensitas seleksi adalah $i = 26/35 \times 100\% = 74,28\%$. Berdasarkan nilai intensitas seleksi ini maka nilai kemajuan genetik harapan (KG = 66, 57%) yang diperoleh termasuk kategori tinggi menurut SUSILO *et al.*, 2002). Keefektifan seleksi terhadap tanaman tahan di laboratorium adalah $8/35 \times 100\% = 22,88\%$. Hal ini dapat diartikan bahwa kemajuan pemuliaan tanaman kakao sangat ditentukan oleh ketersediaan materi genetik di dalam populasi. Semakin luas genetik yang digunakan dalam program pemuliaan suatu spesies, maka semakin besar peluang mendapatkan kemajuan genetik dari sifat yang diharapkan (NAIEM dan LEKSONO, 2001)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji ketahanan terhadap 35 klon kakao di laboratorium dapat disimpulkan bahwa klon kakao yang memiliki respon ketahanan termasuk dalam kelompok tahan yaitu ICCRI 1 dan PA 300, kelompok agak tahan adalah klon ICCRI 3, UIT 1, NIC 4, DR 38, ICS 13, dan TSH 858.

Berdasarkan pengamatan variabel luas bercak dapat disimpulkan bahwa tipe kakao maupun bentuk buah tidak dapat digunakan sebagai variabel seleksi untuk menentukan ketahanan kakao terhadap penyakit busuk buah *P. palmivora*.

Berdasarkan pengamatan intensitas seleksi genotipe yang memiliki luas bercak lebih kecil dari klon Sca 6, maka tetua yang dapat digunakan untuk proses seleksi lebih lanjut adalah: ICCRI 1, PA 300, ICCRI 3, UIT 1, NIC 4, DR 38, ICS 13, dan TSH 858.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Direktur Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia atas izin dan fasilitas yang diberikan selama penelitian di Jember, kepada Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, MS dan Dr. Trikoesoemaningtyas atas bimbingannya selama penelitian berlangsung. Ucapan yang sama disampaikan kepada Sdr. Supandi SP dan pembantu teknis perlindungan tanaman Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia Jember atas segala bantuannya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- EFROM, Y., P. EPAINA, dan J. MORFU. 2003. Breeding strategies to Improve Cocoa Production in Papua New Guinea. Proceedings of the International Workshop on Cocoa Breeding for Improved Production Systems. 19th-21st October 2003, Accra Ghana. 12-32.
- HALIMAH dan S. SUKAMTO. 2007. Intensitas penyakit *vascular streak dieback* pada sejumlah klon kakao

- koleksi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Pelita Perkebunan. 23:118-128.
- IWARO, D. A., T. N. SREENIVASAN, and UMAHARAN. 1997. *Phytophthora palmivora* resistance in cocoa (*Theobroma cocoa*): influence of pod morphological characteristics. Plant Pathology. 46: 557-565.
- IWARO, D. A., T. N. SREENIVASAN, and UMAHARAN. 1999. Studies on black pod disease in Trinidad. Proc.Int. Workshop on the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement. Salvador, Bahia, Brasil. 24-26th November. p.67-74.
- JOHNSON, R. 1978. Practical breeding for durable resistance to rust diseases in self-pollinating cereal. Euphytica. 27: 529-540.
- KEBE, I. B., GORAN JAKN, G. H. TAHI, D. PAULIN, D. CLEMENT, and A.B. ESKE. 1999. Pathology and breeding for resistance to black pod in cote d'Ivoire. Proc. Int. Workshop on the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement.. Salvador Bahia, Brazil. 12-26th November. p.135-140
- NAIEM, M. dan B. LEKSONO. 2001. Konservasi dan pemanfaatan keragaman genetik untuk pemuliaan pohon hutan. Makalah disampaikan pada Kongres IV dan Simposium Nasional Perhimpunan ilmu Pemuliaan Indonesia, Yogyakarta, 23-24 Oktober 2001.
- PRAWIROSEMARDJO, S. dan A. PURWANTARA. 1992. Laju infeksi dan intensitas serangan *Phytophthora palmivora* (Butl) Butl. pada buah dan batang pada beberapa varietas kakao. Menara Perkebunan. 60: 67-72.
- RUBIYO, A. PURWANTARA, S. SUKAMTO, dan SUDARSONO. 2008a. Isolation of indigenous *Phytophthora palmivora* from Indonesia, their morphological and pathogenicity characterizations. J. Pelita Perkebunan. 24 : 37- 49.
- RUBIYO, A. PURWANTARA, TRIKOESOEMANINGTYAS, S. ILYAS, dan SUDARSONO. 2008b. Uji ketahanan kakao (*Theobroma cocoa* L.) terhadap penyakit busuk buah dan efektivitas metode inokulasi. J. Pelita Perkebunan. 24 : 95-113.
- SAOSA, J. A dan W. R. MALUF. 2003. Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper. Sci. Agric. 60: 105-113.
- SINGH, R.K. and B.D. CHAUDARY 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Pu. New Delhi. 304p.
- SUHENDI, D. dan A.W. SUSILO. 2001. Analisis interaksi genotip dan lingkungan terhadap pembungaan dan pembuahan awal tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). Pelita Perkebunan. 17:41-48.
- SUHENDI, D., H. WINARNO, dan A.W. SUSILO. 2005. Peningkatan produksi dan mutu hasil kakao melalui penggunaan klon baru. Pros. Simp. Kakao. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jogjakarta, 4-5 Oktober 2004; 98-111.
- SUSILO A.W., D. SUHENDI, dan S. SUKAMTO. 2002. Ragam genetik kerentanan tanaman kakao terhadap *Phytophthora palmivora*. Pelita Perkebunan. 18: 1-9.
- SUSILO A. W., S. MAWARDI, dan SUDARSANTI. 2009. Keragaan Daya hasil klon kakao (*Theobroma cacao* L.), Sca 6 dan DRC 16 Tahan Penyakit Pembuluh Kayu. Pelita Perkebunan. 25 (2):76-85.
- SUDARSONO, A. PURWANTARA, dan D. SUHENDI. 2007. Molecular Technique and Plant Breeding to Speed up the Development of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Cultivar with Resistance against Black Pod Disease Due to *Phytophthora palmivora* Butl. Infection. KKP3T Research Report, Institut Pertanian Bogor. Indonesia. 122p.
- WOOD. 1985. Establishment. In G.A.R. WOOD and R.A. LASS (Eds.) Cocoa. Longman, London. 119-165.