

Seleksi dan Pendugaan Parameter Genetik Beberapa Sifat Batang Bawah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Semaian Famili Saudara Tiri

Selection and Estimation the Genetic Parameters of Rootstock Characteristics on Cocoa Seedling of Half-sibs Families

Agung Wahyu Susilo¹⁾, Dyah Sulastri²⁾ dan Soeboer Djatiwaloejo²⁾

Ringkasan

Dalam perbanyakkan kakao secara klonal diperlukan batang bawah unggul. Famili saudara tiri (*half sibs*) dapat digunakan sebagai alternatif sumber genetik untuk seleksi batang bawah unggul. Penelitian ini bertujuan melakukan seleksi dan pendugaan parameter genetik sifat batang bawah kakao pada semaian famili saudara tiri asal klon DR 1, DR 2, ICS 60, DRC 15, BLC 4, DRC 16, KEE 2, ICS 13, KW 162, KW 163, PA 300, RCC 70, TSH 858, Sca 6 dan Sca 12. Penelitian dilakukan di KP Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Pendugaan parameter genetik berdasarkan nilai duga komponen ragam dan peragam sifat jumlah daun, tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, volume akar, panjang akar lateral dan panjang akar tunggang yang diukur selama fase pertumbuhan bibit hingga umur 90 hari di kebun. Berdasarkan nilai duga parameter genetik hampir semua sifat batang bawah yang diukur memiliki nilai duga daya waris arti sempit tergolong tinggi ($h^2 > 0,5$). Sifat tinggi tanaman, luas daun, volume akar, panjang akar lateral dan panjang akar tunggang memiliki variabilitas genetik tergolong luas ($d_A^2 > 2SE_{d_A}^2$). Sifat panjang akar tunggang dan panjang akar lateral yang bervariasi genetik luas dan berdaya waris tinggi dapat digunakan sebagai kriterium seleksi. Keragaan sifat panjang akar lateral dapat diduga berdasarkan sifat diameter batang ($r = 0,5^*$) dan luas daun ($r = 0,23^*$), sedangkan sifat panjang akar primer diduga berdasarkan sifat tinggi tanaman ($r = 0,81^*$) dan luas daun ($r = 0,72^*$). Seleksi positif berdasarkan kriteria panjang akar tunggang dan seleksi negatif berdasarkan kriteria panjang akar lateral mendapatkan famili asal klon KEE 2 dan Sca 12 yang memiliki panjang akar primer tergolong tinggi dan panjang akar lateral tergolong rendah sehingga diunggulkan dalam hal potensi kemampuan penyerapan air tanah dan vigor tumbuh yang rendah.

1) Peneliti (*Researcher*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

2) Sarjana dan Dosen (*Graduated and Lecture*); Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

Summary

For cocoa clonal propagation it need rootstock with good characteristics. Half sibs families is the most appropriate alternative for rootstock selection. This study was aimed to select and estimate genetic parameters of cocoa seedling on the half sibs families of DR 1, DR 2, ICS 60, DRC 15, BLC 4, DRC 16, KEE 2, ICS 13, KW 162, KW 163, PA 300, RCC 70, TSH 858, Sca 6 and Sca 12. Research was carried out in Kaliwining Experimental Station of Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute. Genetic parameter were estimated based on variance and covariance component of the variables of the number of leaf, stem height, stem girth, leaf acreage, the volume of fresh root, the length of secondary root and the length of primary root which assessed along seed growth till 90 day after planting. The result showed that most of the recorded variables perform high category of narrow sense heritability ($h^2 > 0.5$). Stem girth, leaf acreage, volume of fresh root, length of secondary root and the length of primary root were assessed as the broad category of genetic variability ($d^2_A > 2SE_{dA}^2$). Therefore, length of primary root and length of secondary root would be the main criterion for rootstock selection as their performance on broad category of genetic variability and high category of narrow sense heritability. Length of secondary root can be estimated based on the performance of stem girth ($r = 0.5^$) and leaf acreage ($r = 0.23^*$) and the primary root can be estimated based on the performance of stem height ($r = 0.81^*$) and leaf acreage ($r = 0.72^*$). Based on positive selection of primary root length and negative selection of secondary root length it was identified that the families of KEE 2 and Sca 12 potentially would be good rootstock due to their long category of the primary root and short category of the secondary root that having characteristics of high water uptake and low vigor.*

Key words: selection, genetic parameter, half-sib familiy, rootstock, cocoa.

PENDAHULUAN

Perbanyak tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) secara klonal umumnya dilakukan dengan teknik penyambungan. Dalam penyambungan kakao dilakukan penggabungan keunggulan sifat-sifat bahan tanam klonal sebagai batang atas dan keunggulan sifat-sifat bahan tanam benih sebagai batang bawah. Keunggulan sifat-sifat bahan tanam klonal yang akan disambungkan umumnya sudah diketahui secara baik akan tetapi informasi mengenai jenis-jenis batang bawah unggul kakao hingga kini

masih terbatas. Padahal diketahui bahwa peranan batang bawah sangat penting dalam menentukan keragaan tumbuh tanaman seperti halnya produksi tanaman (Prawoto *et al.*, 1990), prekositasi pembungaan, laju fotosintesis, ketahanan terhadap stres lingkungan dan serangan hama dan penyakit, serta mengatur pertumbuhan tanaman (Atkinson & Else, 2003). Efron *et al.* (2003) & Epaina *et al.* (2005) menjadikan tipe katai (*dwarf*) sebagai salah satu kriterium seleksi batang bawah kakao dalam upaya memaksimalkan indeks panen terkait dengan kepadatan populasi efektif per satuan luas.

Oleh karena itu ketersediaan batang bawah unggul kakao sangat diperlukan dalam upaya mendukung optimasi keragaan tumbuh bahan tanam klonal.

Benih yang digunakan sebagai sumber batang bawah kakao umumnya merupakan hasil proses persarian bebas. Idealnya sumber benih untuk batang bawah kakao berasal dari proses persarian terkendali antarklon yang telah diketahui potensi genetiknya. Selama ini pengendalian proses persilangan dalam sistem produksi benih kakao dilakukan dengan cara menanam klon-klon tetua dengan komposisi tertentu pada areal yang terisolasi dari penyerbukan polen asing ataupun melalui mekanisme persilangan buatan antartetua klonal. Sistem produksi benih semacam itu dianggap belum efisien bila ditujukan untuk mendapatkan benih yang akan digunakan sebagai batang bawah. Dalam hal ini famili saudara tiri (*half sibs*) satu ibu atau yang lebih dikenal sebagai famili asal benih propelegitim lebih memungkinkan digunakan sebagai sumber batang bawah kakao secara lebih efisien meskipun tingkat keragamannya relatif tinggi. Famili saudara tiri ini sebenarnya sudah dimanfaatkan untuk batang bawah kakao, namun dasar pemilihannya masih mendasarkan pada karakteristik fisik biji. Sumber batang bawah kakao umumnya diambil dari klon-klon yang menghasilkan biji besar, seperti klon DR 1 dan DR 2, meskipun Prawoto *et al.* (1990) melaporkan bahwa batang bawah asal klon Sca 12 yang berbiji kecil ternyata memberi daya dukung terhadap produksi yang tidak berbeda dengan klon DR 1 dan DR 2. Karena itu pemilihan famili saudara tiri (*half sibs*)

sebagai sumber batang bawah harus berdasarkan pada kriterium genetik sehingga estimasi keragaan fenotipik akan sesuai dengan potensi genetik. Seleksi merupakan langkah pemuliaan tetua guna mendapatkan individu atau populasi terbaik sesuai tujuan seleksi. Mayo (1980) menyebutkan bahwa seleksi berdasarkan nilai rerata turunan merupakan bentuk seleksi famili yang paling sesuai untuk tanaman tahunan. Metode yang biasa digunakan untuk seleksi turunan adalah memanen benih hasil persilangan terbuka dari tanaman terseleksi untuk membentuk petak-petak turunan (Allard, 1986). Metode ini pertama kali diterapkan pada tanaman jagung yang dikenal sebagai metode seleksi barisan satu tongkol (*ear to row*) yang selanjutnya dikenal dengan metode seleksi saudara tiri (*half sibs*).

Dalam proses seleksi tanaman, penentuan kriteria seleksi merupakan tahapan penting yang harus dilakukan untuk menentukan keefektifan proses seleksi. Kriterium seleksi ditentukan berdasarkan nilai duga parameter genetik yaitu besaran yang mengacu pada karakteristik populasi terkait dengan faktor genetik tanaman (Mayo, 1980). Tulisan ini menyampaikan hasil penelitian pendugaan parameter genetik sifat-sifat batang bawah tanaman kakao dalam rangka proses seleksi famili saudara tiri untuk batang bawah unggul. Mengingat pengkajian pewarisan genetik dan seleksi tanaman, khususnya tanaman kakao, memerlukan waktu lama maka pada penelitian ini masih memfokuskan pengkajian pada fase semaian sebagai informasi awal dalam pengkajian tahap lanjut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di KP Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Sebagai perlakuan adalah famili saudara tiri (*half sibs*) asal 15 klon koleksi plasma nutfah kakao, yaitu DR 1, DR 2, ICS 60, DRC 15, BLC 4, DRC 16, KEE 2, ICS 13, KW 162, KW 163, PA 300, RCC 70, TSH 858, Sca 6 dan Sca 12. Setiap petak percobaan ditanami 30 tanaman. Percobaan ini mengamati keragaan fase bibit populasi saudara tiri asal 15 klon tersebut.

Bahan tanaman adalah benih kakao yang diambil dari buah kakao yang telah masak. Media tanam adalah campuran antara tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1 yang ditempatkan pada polibeg berukuran 15 x 25 cm. Sebelum ditanam, terlebih dahulu benih direndam dalam larutan fungisida selama 5–10 menit. Kemudian benih tersebut dikecambahkan dalam media pasir selama 7 hari sebelum kemudian dipindahkan ke polibeg. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian jasad pengganggu tanaman dilakukan sesuai standar pembibitan tanaman kakao agar tanaman tumbuh secara optimal. Penumbuhan tanaman dilakukan selama 3 bulan setelah tanam. Selama masa tersebut dilakukan pengamatan peubah-peubah pertumbuhan tanaman.

Pengamatan dilakukan dalam beberapa tahapan pertumbuhan tanaman. Pada saat penyemaian benih dilakukan pengukuran peubah berat dan volume biji basah untuk mengetahui hubungan antara karakteristik fisik biji dengan keragaan tanaman fase bibit. Berat dan volume biji basah tersebut diukur

pada kondisi biji kering angin. Saat setelah benih tumbuh, dilakukan pengamatan peubah-peubah pertumbuhan tanaman yang meliputi jumlah daun, tinggi tanaman, diameter batang, dan luas daun. Pengamatan peubah-peubah ini dilakukan pada saat 30, 44, 58, 72 dan 90 hari setelah tanam (h.s.t.). Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh tanaman. Diameter batang diukur pada ketinggian 5 cm dari pangkal batang. Luas daun diukur berdasarkan metode yang di-kemukakan Asomaning & Lockard (1963) menurut persamaan $\text{Log } Y = -0,495 + 1,904 \log X$, dimana Y adalah luas daun dan X adalah panjang daun. Pada umur 90 hari di lapangan dilakukan pengamatan peubah volume akar, panjang akar lateral dan panjang akar tunggang. Pengukuran volume akar dilakukan dengan cara mencelupkan akar ke dalam gelas ukur yang berisi air setelah akar dicuci dan dikeringanginkan. Perbedaan volume air sebelum dan sesudah akar dicelupkan merupakan nilai volume akar. Panjang akar lateral ditentukan berdasarkan nilai panjang akar lateral terpanjang yang diukur dari pangkal akar, sedangkan panjang akar tunggang adalah akar primer yang diukur mulai pangkal akar hingga ujung akar.

Data pengamatan peubah pertumbuhan bibit tersebut selanjutnya dilakukan analisis ragam dan peragam untuk menentukan nilai duga komponen ragam dan peragam. Berdasarkan nilai duga komponen ragam dan peragam tersebut ditentukan nilai duga parameter genetik untuk sifat-sifat pertumbuhan kakao fase semai. Parameter genetik yang diduga antara lain ragam genetik aditif (d^2_A), ragam famili (d^2_p), standar kesalahan ragam genetik aditif, daya waris arti sempit (h^2),

korelasi genetik dan korelasi fenotipik. Berdasarkan nilai ragam aditif (d_A^2) ditentukan nilai ragam famili (d_f^2) berdasarkan persamaan $d_f^2 = \frac{1}{4} (d_A^2)$. Simpangan baku (SE) ragam genetik aditif ditentukan menurut Anderson & Bancroft (1952) *cit.* Wahdah *et al.* (1996). Luas sempitnya variabilitas genetik suatu sifat ditentukan berdasarkan nilai simpangan baku tersebut. Apabila nilai ragam genetik suatu sifat lebih besar dari dua kali nilai simpangan baku, maka sifat tersebut tergolong bervariabilitas luas.

Nilai daya waris arti sempit (h^2), $h^2 = 4t$, dimana $t = d_f^2 / (d_f^2 + d_{ap}^2 + d_{dp}^2)$, d_f^2 , d_{ap}^2 , d_{dp}^2 masing-masing adalah ragam famili saudara tiri, ragam antarpetak dan ragam antartanaman dalam famili. Sedangkan daya waris rerata famili dihitung berdasarkan persamaan: $h_f^2 = 4 \times (d_f^2 / (d_f^2 + d_{dp}^2 + d_{ap}^2/r))$ (Basunanda, 1997). Kriteria daya waris menurut Standfield (1983) dikategorikan rendah bila nilainya berkisar pada $0 < d \leq 0,2$, sedang berkisar pada $0,2 < d \leq 0,5$ dan tinggi bila berkisar pada $0,5 < d \leq 1$. Korelasi genetik (r_A) dan korelasi fenotipik (r_p) antara dua sifat dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan Warwick *et al.* (1990) *cit.* Basunanda (1997).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seleksi merupakan langkah penting dalam upaya perbaikan mutu genetik tanaman. Pada tanaman menyerbuk silang dikenal metode seleksi barisan satu tongkol atau metode seleksi famili saudara tiri (*half sibs*) sebagai bentuk pengembangan metode seleksi massa dan seleksi turunan (Allard, 1986). Famili saudara tiri diperoleh dari

induk yang menerima serbuk sari secara acak dalam suatu populasi tanaman. Keturunan-keturunan yang berasal dari induk yang sama tersebut memiliki hubungan kekerabatan satu ibu (*half sibs*). Famili semacam ini yang akan dimanfaatkan dalam seleksi batang bawah unggul kakao. Tulisan ini mengulas nilai duga parameter genetik untuk sifat-sifat batang bawah kakao berdasarkan keragaan semaian famili saudara tiri sebagai kriterium seleksi batang bawah unggul kakao.

Nilai Duga Parameter Genetik

Hasil analisis ragam untuk semua sifat yang diamati menunjukkan bahwa ragam famili saudara tiri yang diduga nyata pada aras 1%. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan nyata nilai genotipe antarpopulasi saudara tiri yang diuji. Hasil analisis menunjukkan bahwa sifat tinggi tanaman, luas daun, panjang akar lateral dan panjang akar tunggang memiliki variabilitas genetik yang luas. Sedangkan untuk sifat jumlah daun meskipun variabilitas genetiknya hingga umur 72 hari tergolong sempit namun nilai varian genetiknya cenderung meningkat dengan semakin bertambahnya umur bibit sehingga pada pengamatan 90 hari variabilitas genetiknya tergolong luas. Hal ini dapat dimengerti bahwa pada umur tanaman yang masih muda jumlah daun relatif tidak berbeda antarindividu tanaman dan jumlah daun tersebut akan meningkat seiring meningkatnya umur tanaman berdasarkan vigor tumbuh tanaman. Sifat diameter batang yang selama ini digunakan sebagai penduga vigor tumbuh tanaman ternyata memiliki variabilitas genetik yang sempit. Kenyataan di lapangan memang menunjukkan bahwa perbedaan

Tabel 1. Variabilitas genetik dan nilai duga daya waris arti sempit untuk beberapa sifat batang bawah kakao fase bibit
 Table 1. Genetic variability and narrow sense heritability for some seedling traits of cocoa

Peubah <i>Variables</i>	δ^2_P	δ^2_A	$SE\delta^2_A$	Kriteria untuk variabilitas genetik, δ^2_A <i>Classification for δ^2_A</i>	h^2	h^2_f	Kriteria untuk daya waris, h^2 <i>Classification for h^2</i>
Diameter batang <i>Stem girth</i>							
30 h.s.t. (d.a.p.)**	0.20	0.48	0.40	Sempit (<i>narrow</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
44 h.s.t. (d.a.p.)	0.15	0.31	0.32	Sempit (<i>narrow</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
58 h.s.t. (d.a.p.)	0.17	0.30	0.31	Sempit (<i>narrow</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
72 h.s.t. (d.a.p.)	0.26	0.34	0.34	Sempit (<i>narrow</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
90 h.s.t. (d.a.p.)	0.31	0.33	0.34	Sempit (<i>narrow</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
Jumlah daun <i>Leaf number</i>							
30 h.s.t. (d.a.p.)**	0.46	0.21	0.28	Sempit (<i>narrow</i>)	0.45	0.46	Sedang (<i>moderate</i>)
44 h.s.t. (d.a.p.)	1.01	0.41	0.41	Sempit (<i>narrow</i>)	0.41	0.42	Sedang (<i>moderate</i>)
58 h.s.t. (d.a.p.)	1.39	0.71	0.51	Sempit (<i>narrow</i>)	0.51	0.53	Tinggi (<i>high</i>)
72 h.s.t. (d.a.p.)	3.32	1.02	0.68	Sempit (<i>narrow</i>)	0.31	0.32	Sedang (<i>moderate</i>)
90 h.s.t. (d.a.p.)	3.48	1.85	0.84	Luas (<i>broad</i>)	0.53	0.55	Tinggi (<i>high</i>)
Tinggi tanaman <i>Stem height</i>							
30 h.s.t. (d.a.p.)**	7.75	14.08	2.17	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
44 h.s.t. (d.a.p.)	8.06	14.82	2.20	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
58 h.s.t. (d.a.p.)	15.39	15.79	2.37	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
72 h.s.t. (d.a.p.)	13.15	23.37	2.76	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
90 h.s.t. (d.a.p.)	16.82	33.15	3.28	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
Luas daun <i>Leaf area</i>							
30 h.s.t. (d.a.p.)**	62.34	71.2	4.96	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
44 h.s.t. (d.a.p.)	61.52	75.5	5.02	Luas (<i>broad</i>)	1.0*	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
58 h.s.t. (d.a.p.)	67.75	56.58	4.46	Luas (<i>broad</i>)	0.84	0.87	Tinggi (<i>high</i>)
72 h.s.t. (d.a.p.)	85.72	60.74	4.74	Luas (<i>broad</i>)	0.71	0.74	Tinggi (<i>high</i>)
90 h.s.t. (d.a.p.)	105.4	91.44	5.76	Luas (<i>broad</i>)	0.87	0.92	Tinggi (<i>high</i>)
Volume akar <i>Volume of root</i>							
Panjang akar lateral, cm <i>Lenght of secondary root, cm</i>	0.19	0.19	0.14	Sempit (<i>narrow</i>)	0.99	1.0*	Tinggi (<i>high</i>)
Panjang akar tunggang, cm <i>Lenght of primary root, cm</i>	3.16	2.31	0.92	Luas (<i>broad</i>)	0.73	0.96	Tinggi (<i>high</i>)
Panjang akar tunggang, cm <i>Lenght of primary root, cm</i>	31.54	26.6	3.08	Luas (<i>broad</i>)	0.84	0.88	Tinggi (<i>high</i>)

Keterangan (Notes) : *) nilai daya waris diinterpretasikan sama dengan satu meskipun nilainya lebih dari satu (*the value of heritability were interpreted as one since the value more than one*);
 **) h.s.t.: hari setelah tanam (*days after planting*).

diameter batang antarbibit tanaman tidak terlalu besar.

Nilai variabilitas genetik menggambarkan latar belakang genetik populasi saudara tiri yang diuji. Berdasarkan hasil analisis tersebut variabilitas genetik sifat-sifat yang diamati secara umum tergolong luas yang menunjukkan bahwa populasi saudara tiri yang diuji memiliki latar belakang genetik yang berbeda. Karakter yang memiliki variabilitas genetik luas akan memberikan kemajuan genetik yang besar dalam proses seleksi. Dengan demikian dalam proses seleksi hendaknya memperhatikan karakter-karakter tanaman yang memiliki variabilitas genetik luas. Namun demikian dalam kasus seleksi batang bawah kakao, pemilihan karakter yang bervariasi genetik luas seharusnya disesuaikan dengan tujuan kegiatan penyambungan. Untuk beberapa karakter tertentu, seperti sifat-sifat perakaran, kemajuan seleksi memang diharapkan cukup besar karena perbaikan sifat-sifat perakaran akan berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit tanaman.

Nilai daya waris arti sempit tergolong tinggi untuk semua sifat yang diukur, kecuali sifat jumlah daun yang berkecenderungan memiliki nilai duga daya waris tergolong sedang. Nilai daya waris rerata famili (h^2_p) ternyata tidak jauh berbeda dengan nilai daya waris nilai individu (h^2). Hal ini menunjukkan bahwa keefektifan seleksi berdasarkan nilai rerata famili tidak jauh berbeda dengan menggunakan nilai individu. Beberapa sifat yang diukur, seperti sifat diameter batang dan tinggi tanaman selama periode waktu pengukuran, serta luas daun hingga umur 44 hari memiliki nilai daya

waris yang lebih besar dari satu sehingga melebihi batas penghitungan (*over estimation*). Nilai daya waris yang melebihi satu tersebut selanjutnya dianggap sama dengan satu. Basunanda (1997) melaporkan hasil serupa untuk nilai daya waris sifat diameter batang bibit rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) pada masa awal pertumbuhan bibit. Nilai duga daya waris yang sangat tinggi tersebut disebabkan pengaruh faktor internal biji yang masih dominan terhadap pertumbuhan bibit sehingga nilai ragam aditif melampaui nilai ragam fenotipik. Mather & Jinks (1977) mengungkapkan bahwa pada masa-masa awal pertumbuhan tanaman ada pengaruh faktor non-genetik yang terbawa oleh induk yang pengaruh tersebut akan menghilang seiring dengan meningkatnya umur tanaman. Hal ini terlihat pada nilai ragam fenotipik sifat diameter batang, jumlah daun, tinggi tanaman dan luas daun yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur bibit (Tabel 1).

Nilai daya waris yang tergolong tinggi hampir untuk semua sifat tersebut menunjukkan bahwa pengaruh faktor lingkungan selama masa pembibitan masih sangat kecil. Hal ini dimungkinkan karena kondisi lingkungan di pembibitan relatif terkendali atau tidak terjadi fluktuasi kondisi lingkungan secara drastis, baik yang disebabkan oleh faktor iklim maupun tanah. Kondisi ini sangat menguntungkan proses seleksi karena karakter sifat-sifat batang bawah dapat terekspressi secara maksimal selama masa pembibitan sehingga kemajuan seleksi akan besar.

Koefisien korelasi genetik secara umum bertanda sama dengan koefisien korelasi fenotipik, kecuali korelasi antara tinggi

tanaman dan panjang akar lateral yang secara genetik berkorelasi negatif dan secara fenotipik berkorelasi positif (Tabel 2). Sifat-sifat perakaran (volume akar, panjang akar lateral dan panjang akar tunggang) tampak berkorelasi nyata dengan sifat-sifat yang terlihat di atas permukaan tanah. Hal ini akan menguntungkan proses seleksi batang bawah karena penilaian sifat-sifat perakaran dapat diketahui melalui keragaan sifat-sifat yang terlihat di atas permukaan tanah. Namun demikian dalam penentuan kriterium seleksi ini juga harus mempertimbangkan parameter genetik lain, terutama nilai daya waris. Sifat diameter batang, tinggi tanaman dan luas daun yang berdaya waris tinggi akan prospektif digunakan sebagai kriterium seleksi batang bawah. Akan tetapi dalam penetapannya tetap harus memperhatikan kekhususan hubungan antarsifat tersebut.

Sifat diameter batang memiliki korelasi genetik dan fenotipik yang positif nyata dengan volume akar dan panjang akar lateral. Sementara itu sifat tinggi tanaman memiliki korelasi genetik dan fenotipik nyata dengan volume akar dan panjang akar tunggang. Luas daun memiliki korelasi genetik nyata untuk semua sifat-sifat perakaran yang diukur, namun hanya memiliki korelasi fenotip nyata dengan volume akar. Hadiati *et al.* (2003) menyebutkan bahwa keefektifan seleksi tidak hanya ditentukan oleh nilai genetik namun juga berdasarkan nilai fenotipik yang memberi kontribusi terhadap keragaan kriterium seleksi. Secara praktis, panjang akar lateral dapat diduga berdasarkan keragaan sifat diameter batang pada umur 90 hari, panjang akar tunggang diduga berdasarkan keragaan tinggi tanaman umur 90 hari dan volume akar dapat diduga berdasarkan keragaan sifat diameter batang dan luas daun umur 90 hari.

Tabel 2. Nilai duga koefisien korelasi genetik (atas diagonal) dan korelasi fenotipik (bawah diagonal) sifat-sifat pertumbuhan bibit kakao

Table 2. Estimated of genetic coefficient correlation (upper diagonal) and phenotypic coefficient correlation (lower diagonal) of the growth characteristics of cocoa seedlings

Peubah Variables	Diameter batang Stem girth	Jumlah daun Number of leaves	Tinggi tanaman Stem height	Luas daun Wide of leaves	Volume akar Volume of root	Panjang akar lateral Lenght of secondary root	Panjang akar tunggang Lenght of primary root
1	1	0.43*	0.50*	0.59*	0.85*	0.50*	0.09
2	0.24*	1	0.87*	0.67*	0.72*	-0.41*	0.81*
3	0.38*	0.34*	1	0.89*	0.93*	-0.07	0.87*
4	0.25*	0.15	0.39*	1	0.92*	0.23*	0.72*
5	0.38*	0.21*	0.37*	0.25*	1	0.21*	0.61*
6	0.22*	-0.04	0.03	0.09	0.13	1	-0.35*
7	0.12	0.24*	0.30*	0.14	0.36*	-0.05	1

Keterangan (Notes) : *) koefisien korelasi nyata pada uji t-student aras nyata 5% (Coefficient correlation significantly different at 5% level of t-student test).

Seleksi Famili

Seleksi famili untuk batang bawah akan mendasarkan pada nilai rerata sifat-sifat perakaran. Hasil seleksi ini sebagai informasi awal mengenai famili yang potensial digunakan sebagai batang bawah. Pembahasan ini akan memfokuskan pada peubah-peubah perakaran semaian famili saudara tiri. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai tengah karakteristik perakaran bervariasi secara nyata antarfamili (Tabel 3.). Variasi nilai tengah panjang akar lateral cukup tinggi, berkisar antara 2,14–5,37 cm. Famili asal

klon KW 162 menghasilkan rerata panjang akar lateral tertinggi (5.37 cm), selain famili asal klon ICS 60, DRC 15, BLC 4 dan ICS 13 yang juga menghasilkan panjang akar lateral tergolong tinggi (>4 cm). Akar lateral atau yang dikenal sebagai akar serabut ini berperan penting dalam penyerapan unsur hara di dalam tanah (Pujiyanto, 1995). Semakin tinggi nilai panjang akar lateral menggambarkan kemampuan penyebaran akar rambut di dalam tanah sehingga famili-famili yang memiliki panjang akar lateral tergolong tinggi akan potensial mendukung pertumbuhan batang atas.

Tabel 3. Rerata karakter sifat batang bawah pada semaian famili saudara tiri 90 hari

Table 3. Mean of the rootstock characteristics of halfsib population at 90 days

Populasi saudara tiri <i>Half sibs family</i>	Diameter batang, cm <i>Stem girth, cm</i>	Jumlah daun <i>No of leaf</i>	Tinggi tanaman, cm <i>Stem height, cm</i>	Luas daun, cm ² <i>Leaf acreage, cm²</i>	Volume akar, ml <i>Volume of root, ml</i>	Panjang akar lateral, cm <i>Length of secondary root, cm</i>	Panjang akar tunggang, cm <i>Length of primary root, cm</i>
DR 1	0.40 c*	9.17 c	23.03 cd	42.00 c	1.30 bc	3.73 bc	24.92 b
DR 2	0.41 c	9.03 c	25.38 de	38.84 bc	1.37 bc	3.81 bc	28.49 c
ICS 60	0.41 c	8.58 bc	24.64 d	41.32 c	1.51 c	4.03 bc	26.84 bc
DRC 15	0.41 c	8.17 bc	19.61 ab	29.20 ab	1.0 ab	4.14 bc	21.13 a
BLC 4	0.39 bc	8.07 bc	20.27 b	34.60 b	1.13 bc	4.50 cd	21.56 ab
DRC 16	0.43 c	9.36 c	23.30 cd	36.64 bc	1.40 c	2.80 ab	26.76 bc
KEE 2	0.38 bc	8.53 b	22.49 c	32.77ab	1.30 bc	3.13 b	25.71 bc
ICS 13	0.38 bc	6.42 a	18.26 a	32.25 ab	0.99 ab	4.24 c	21.26 ab
KW 162	0.39 bc	7.78 b	19.53 ab	33.71 ab	1.11 b	5.37 d	24.48 b
KW 163	0.38 bc	8.19 bc	19.78 ab	32.11 ab	1.13 bc	3.32 bc	24.03 ab
PA 300	0.39 bc	8.92 c	26.68 e	43.06 c	1.39 c	3.98 bc	26.97 bc
RCC 70	0.38 bc	8.76 bc	22.64 c	32.32 ab	1.20 bc	2.89 ab	24.29 b
TSH 858	0.41 c	9.36 c	27.72 e	43.69 c	1.49 c	3.47 bc	31.18 c
Sca 6	0.33 a	8.13 bc	19.72 ab	27.70 a	0.83 a	2.72 ab	24.71 b
Sca 12	0.32 a	8.14 bc	19.64 ab	31.71 ab	0.75 a	2.14 a	26.94 bc

Keterangann (*Notes*) : * Angka pada kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan aras 5% (*Number in the column with same alphabet not significantly different by Duncan Multiple Range Test at 5%*).

Nilai rerata panjang akar tunggang variasinya juga tinggi berkisar antara 21,13–31,18 cm. Famili asal klon TSH 858 menghasilkan panjang akar tunggang tertinggi (31,18 cm) dan selain itu famili asal klon DR 2, ICS 60, DRC 16, KEE 2, PA 300 dan Sca 12 juga menghasilkan rerata panjang akar tunggang tergolong tinggi (>25 cm). Akar tunggang ini berperan penting dalam penyerapan air di dalam tanah (Pujiyanto, 1995). Famili-famili yang menghasilkan rerata panjang akar tunggang tergolong tinggi akan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam penyerapan air di dalam tanah. Dengan demikian famili-famili dengan karakteristik panjang akar tunggang tergolong tinggi ini kemungkinan akan memiliki toleransi yang baik terhadap cekaman kekeringan.

Variasi rerata volume akar antarfamili tidak terlalu tinggi yang berkisar antara 0,75–1,51 ml dan hal ini juga tercermin pada nilai variabilitas genetiknya yang tergolong sempit. Volume akar ini menggambarkan biomassa akar yang dapat berhubungan dengan luas permukaan akar. Volume akar ini berkorelasi secara nyata dengan panjang akar lateral dan panjang akar tunggang sehingga nilai volume akar juga merupakan fungsi dari panjang akar lateral dan panjang akar tunggang. Mengingat variasi nilai volume akar antarfamili tidak terlalu tinggi, maka interpretasi volume akar mengikuti interpretasi keragaan panjang akar lateral dan panjang akar tunggang. Hal ini menunjukkan bahwa dalam sistem perakaran tanaman jangkauan perakaran akan lebih berperan terhadap daya dukung tanaman daripada biomassa akar.

Pengembangan batang bawah kakao saat ini diarahkan untuk mencari tipe katai (*dwarf*) dalam upaya meningkatkan indeks hasil unit area (Atkinson & Else, 2003; Efron *et al.*, 2003; Epaina *et al.*, 2005). Hal ini dilatar-belakangi keberhasilan pemanfaatan batang bawah tipe katai pada tanaman buah-buahan sub tropis dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman dan produksi (Atkinson & Else, 2003). Disebutkan bahwa batang bawah tipe vigor meskipun dapat mendukung produksi per unit tanaman secara maksimal, namun efisiensi produksi per unit area masih rendah. Karena itu seleksi famili saudara tiri juga diarahkan untuk mendapatkan tipe-tipe famili yang vigor tumbuhnya rendah. Dalam hal ini vigor tumbuh tanaman dicerminkan oleh sifat diameter batang yang ternyata berkorelasi positif nyata dengan semua peubah yang diukur kecuali sifat panjang akar tunggang. Karena itu famili-famili yang menghasilkan nilai tinggi untuk peubah-peubah tersebut menunjukkan vigor tumbuh yang tinggi dibandingkan famili-famili yang menghasilkan nilai rendah.

Berdasarkan hasil ini tampak bahwa famili yang menghasilkan rerata panjang akar lateral rendah, seperti famili asal klon DRC 16 dan Sca 12, ternyata memiliki panjang akar tunggang yang relatif tinggi. Hal ini juga didukung hasil analisis korelasi yang negatif untuk peubah panjang akar tunggang dan panjang akar lateral (Tabel 2). Sehubungan dengan upaya mendapatkan batang bawah unggul maka kedua peubah tersebut penting untuk digunakan sebagai kriterium seleksi. Dalam hal ini

panjang akar tunggang akan digunakan sebagai kriterium seleksi positif terhadap famili yang memiliki kemampuan tinggi dalam hal penyerapan air atau sebagai indikator toleransi terhadap kekeringan. Sedangkan panjang akar lateral yang berkorelasi positif terhadap indikator vigor tumbuh akan digunakan sebagai kriterium seleksi negatif terhadap vigor tumbuh tanaman.

Selama ini kriteria pemilihan benih untuk batang bawah berdasarkan ukuran biji, yaitu benih-benih yang berukuran besar seperti benih asal klon DR 1 dan DR 2. Hasil penelitian ini menunjukkan ada kecenderungan ukuran biji berpengaruh terhadap vigor tumbuh bibit. Pada Tabel 3 terlihat bahwa famili asal klon-klon yang berbiji besar memiliki diameter batang yang lebih tinggi dari pada famili asal klon-klon yang berbiji kecil. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan nilai duga daya waris yang cenderung *over estimate* untuk sebagian besar peubah disebabkan pengaruh faktor internal biji yang masih dominan sehingga biji-biji yang berukuran besar dapat memberi daya dukung lebih baik terhadap pertumbuhan awal tanaman. Karena itu untuk keperluan mendapatkan batang bawah unggul, maka ukuran biji tidak dapat digunakan sebagai kriterium seleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai panjang akar lateral tertinggi justru dihasilkan oleh famili asal klon KW 162 yang menghasilkan biji berukuran sedang, sedangkan famili asal klon Sca 12 yang menghasilkan biji berukuran kecil memiliki akar tunggang yang relatif panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan :

- Pendugaan parameter genetik sifat-sifat perakaran semaian famili saudara menunjukkan bahwa variabilitas genetik sifat panjang akar lateral dan panjang akar tunggang tergolong luas, sedangkan variabilitas genetik sifat volume akar tergolong sempit. Nilai duga daya waris arti sempit (h^2) tergolong tinggi untuk semua sifat-sifat perakaran. Dengan demikian seleksi akan mendasarkan pada sifat panjang akar lateral dan panjang akar tunggang yang memiliki variabilitas genetik luas dan nilai duga daya waris tergolong tinggi.
- Berdasarkan hasil analisis korelasi genetik dapat diketahui bahwa penduga keragaan panjang akar lateral adalah sifat diameter batang ($r = 0,5^*$) dan luas daun ($r = 0,23^*$), sedangkan penduga panjang akar tunggang adalah tinggi tanaman ($r = 0,81^*$) dan luas daun ($r = 0,72^*$).
- Seleksi positif berdasarkan kriteria panjang akar tunggang dan seleksi negatif berdasarkan kriteria panjang akar lateral mendapatkan famili asal klon KEE 2 dan Sca 12 memiliki panjang akar tunggang tergolong tinggi dan panjang akar lateral tergolong pendek sehingga berpotensi memiliki keunggulan dalam hal kemampuan penyerapan air tanah dan vigor tumbuh yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. (1986). *Principles of plant breeding*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Asomaning, E.J.A. & R.G. Lockard (1963). Note on estimation of leaf area of cocoa from length data. *Canadian Journal of Plant Science*, 43, 243–245.
- Atkinson, C.J. & M.A. Else (2003). *Enhancing harvest index in temperate fruit tree crops through the use of dwarfing rootstocks*. p. 118–131. In : F.Bekele; M.J. End & A.B. Eskes. (Eds.). Proceeding of the International Workshop on Cocoa Breeding for Improved Production Systems, Ghana.
- Basunanda, P. (1997). *Pendugaan parameter genetik beberapa sifat penyambungan rambutan menggunakan famili saudara tiri*. Skripsi sarjana, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Efron, Y.; E. Tade & P. Epaina (2003). *A cocoa growth mutant with a dwarfing effect as rootstock*. p. 132–144. In: Bekele F.; M.J. & A.B. Eskes (Eds.). Proceeding of the International Workshop on Cocoa Breeding for Improved Production Systems, Ghana.
- Epaina; P.; Y. Efron & D. Nideson (2005). *Development of very small cocoa clones with high production efficiency by using the DM_1 dwarf gene*. p. 17–19. In : *Abstracts Malaysian International Cocoa Conference 2005*. Malaysian Cocoa Board, Kuala Lumpur.
- Hadiati, S.; H.K. Murdaningsih; A. Baihaki & N. Rostini (2003). Parameter genetik karakter komponen buah pada beberapa aksesori nanas. *Zuriat*, 14, 53–58.
- Mather, K. & J.L. Jinks (1977). *Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation*. Chapman and Hall Ltd. London.
- Mayo, O. (1980). *The Theory of Plant Breeding*. Oxford University Press. Oxford.
- Pujianto (1995). Kajian sebaran akar rambut tanaman kakao. *Pelita Perkebunan*, 10, 180–86.
- Prawoto, A.A.; W. Soerodikoesoemo; Soemartono; H. Hartiko (1990). Kajian okulasi pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) IV. Pengaruh batang bawah terhadap daya hasil batang atas. *Pelita Perkebunan*, 6, 13–20.
- Stanfield, W.D. (1983). *Theory and Problems of Genetics*. (Ed.). Schaum's Outline Series. McGraw Hill Book Company.
- Wahdah, R.; A. Baihaki; R. Setiamihardja & G. Suryatmana (1996). Variabilitas dan heritabilitas laju akumulasi bahan kering pada kedelai. *Zuriat*, 7, 92–97.
