

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 3, November 2019

**ANALISIS DAYA GABUNG DAN KORELASI KARAKTER JUMLAH BUAH KAKAO
PADA PERSILANGAN SETENGAH DIALEL**

*COMBINING ABILITY AND CORRELATION ANALYSIS OF CACAO POD NUMBERS IN HALF
DIALLEL CROSSES*

* Nur Kholilatul Izzah, Ilham Nur Ardhi Wicaksono, Cici Tresniawati, dan Edi Wardiana

¹⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* *lila_ref@yahoo.co.id*

(Tanggal diterima: 7 Agustus 2019, direvisi: 23 September 2019, disetujui terbit: 30 November 2019)

ABSTRAK

Analisis daya gabung dan korelasi antar karakter pada tanaman kakao memegang peranan dan manfaat yang penting dalam upaya memperoleh materi genetik unggul dengan produksi tinggi. Analisis ini relatif lebih mudah untuk mengetahui kombinasi tetua yang terbaik dalam menghasilkan keturunan unggul. Tujuan penelitian adalah menganalisis daya gabung dan korelasi karakter jumlah buah kakao pada populasi F1 yang diperoleh melalui metode persilangan setengah dialel. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, Sukabumi, Jawa Barat, pada ketinggian tempat 450 m di atas permukaan laut dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt dan Fergusson), mulai tahun 2014 sampai 2018. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan kombinasi persilangan setengah dialel yang diulang tiga kali. Tetua persilangan terdiri dari klon ICCRI 03, TSH 858, DR 1, ICS 13, dan SCA 6. Parameter yang diamati antara lain jumlah buah sehat, buah busuk, layu pentil, dan jumlah buah total. Analisis daya gabung dilakukan menggunakan metode Griffing 4, sedangkan analisis korelasi dilakukan secara fenotipik maupun genotipik. Hasil penelitian menunjukkan adanya aksi gen non aditif pada generasi F1 hasil persilangan, serta diperoleh tiga kombinasi persilangan (ICCRI 03 x TSH 858, TSH 858 x DR 1, dan ICS 13 x SCA 6) yang berpeluang untuk dikembangkan menjadi hibrida unggul. Selain itu, diketahui adanya korelasi yang positif secara fenotipik maupun genotipik antar karakter komponen buah yang diamati.

Kata kunci: Daya gabung, jumlah buah, kakao, korelasi, persilangan setengah dialel

ABSTRACT

Analysis of combining ability and correlation between characters in cacao plays an important role and benefits in an effort to obtain superior high-yield genetic material. This analysis makes it easy to find out the best combination of parents in producing superior progeny. The study aimed to analyze the combining ability and correlation of cacao pod numbers in F1 population generated from half-diallel crossing. The study was conducted at Pakuwon Experimental Station, Sukabumi, West Java, at an altitude of 450 m above sea level with Latosol soil type and B climate type (Schmidt and Fergusson), from 2014 until 2018. The experiment was arranged using a randomized block design (RBD) with 10 combinations of half-diallel crossing method that were repeated three times. The parental genotypes used were ICCRI 03, TSH 858, DR 1, ICS 13, and SCA 6. The variables observed were the number of healthy pods, number of rotten pods, number of cherelle wilts, and total pod numbers. The combining ability was analyzed using the Griffing 4 method, while correlation analysis was carried out phenotypically and genotypically. The results showed the action of non-additive genes in the F1 generation and three combinations of crosses, namely ICCRI 03 x TSH 858, TSH 858 x DR 1, and ICS 13 x SCA 6 had the opportunity to be developed into superior hybrids. In addition, it is known that there were phenotypic and genotypic positive correlations between the observed pod component characters.

Keywords: Cacao, combining ability, correlation, half diallel crosses, pod number

PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas kakao (*Theobroma cacao* L.) menjadi program utama pemerintah untuk meningkatkan produksi kakao nasional. Oleh sebab itu, ketersediaan bibit kakao dari varietas unggul yang mempunyai produksi tinggi dan tahan terhadap hama dan penyakit harus diupayakan. Meskipun saat ini telah banyak varietas kakao yang dilepas pemerintah, namun produktivitas masih belum sesuai dengan potensi produksinya (Rubiyo, 2013). Salah satu penyebabnya adalah serangan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora* yang dapat menurunkan produksi sampai 44% (Rubiyo & Amaria, 2013). Hal ini yang mendorong kegiatan perakitan varietas unggul baru masih terus dilakukan.

Salah satu upaya untuk merakit varietas unggul baru adalah melalui persilangan antar klon kakao dengan harapan memperoleh keturunan yang lebih baik dari kedua tetuanya. Dengan melakukan persilangan, maka keragaman genetik tanaman sebagai modal awal dalam program pemuliaan dapat ditingkatkan (Saputra, Syukur, & Aisyah, 2014). Kegiatan pendugaan nilai daya gabung antar tetua-tetua persilangan merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan dalam upaya mendapatkan kombinasi terbaik dalam perakitan varietas terhadap karakter target (Iriany, Sujiprihati, Syukur, Koswara, & Yunus, 2011; Rifianto, Syukur, Trikoesoemaningtyas, & Widodo, 2013; Saputra *et al.*, 2014; Budiyanti, Sobir, Wirnas, & Sunyoto, 2015). Pendugaan daya gabung merupakan metode efektif dalam memperoleh informasi genetik yang berguna untuk memilih kombinasi tetua persilangan yang terkait dengan performa keturunan yang lebih unggul dari tetuanya (El-Gabry, Solieman, & Abido, 2014; Budiyanti *et al.*, 2015). Dengan kata lain, daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) berperan penting dalam mengevaluasi keturunan yang dihasilkan dan pengembangan populasi. Secara detail, DGU dapat didefinisikan sebagai rata-rata penampilan genotipe dalam serangkaian kombinasi hibrida, sedangkan DGK adalah kombinasi hibrida tertentu yang mempunyai penampilan atau sifat lebih baik dari yang diharapkan berdasarkan rata-rata performa kedua tetuanya (Fasahat, Rajabi, Rad, & Derera, 2016). Menurut Pereira, de Almeida, da Silva Branco, Costa, & Ahnert (2017) pemilihan tetua dan evaluasi progeni merupakan langkah penting dalam program pemuliaan.

Pendugaan nilai DGU dan DGK dapat diketahui melalui persilangan dialel. Persilangan dialel adalah metode statistik-genetik yang menggunakan karakter unggul pada tanaman untuk memilih tetua dan untuk memahami efek genetik yang terlibat dalam sifat

yang diinginkan (dos Santos *et al.*, 2016). Persilangan dialel terbukti mampu membantu pemulia dalam memilih kombinasi tetua terbaik yang dapat memberikan efek heterosis pada keturunannya (Arif, Sujiprihati, & Syukur, 2016).

Penelitian terkait pendugaan daya gabung karakter penting tanaman telah banyak dilaporkan pada berbagai tanaman budidaya. Pada tanaman kakao, pendugaan daya gabung berbagai karakter penting pada sejumlah genotipe tetua juga telah dilaporkan. Menurut Tan (1990); Nyadanu *et al.* (2012); dos Santos *et al.* (2016); Pereira *et al.* (2017); dan Nyadanu *et al.* (2019) pendugaan daya gabung berbagai karakter pada sejumlah tetua tanaman kakao dengan berbagai metode pendekatan telah dilakukan untuk mengetahui tetua dan atau kombinasi tetua persilangan yang berpeluang untuk menjadi penghasil hibrida baru yang unggul. Di Indonesia, pendugaan daya gabung dan heterosis untuk karakter ketahanan terhadap serangan jamur *P. palmivora* pada tanaman kakao menggunakan lima genotipe tetua, yaitu klon ICCRI 03, TSH 858, DR 1, ICS 13, dan SCA 6 juga telah dilaporkan oleh Rubiyo, Trikoesoemaningtyas, & Sudarsono (2011) melalui pendekatan metode Griffing 2, dan oleh Tresniawati, Dani, Wicaksono, & Rubiyo (2014) menggunakan metode Griffing 4 untuk karakter tinggi jorket, lingkaran batang, serta persentase tanaman berbunga dan berbuah.

Pendugaan daya gabung untuk karakter jumlah buah kakao belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian daya gabung terhadap karakter komponen jumlah buah, serta korelasi fenotipik dan genotipik antar karakter. Tersedianya informasi tentang korelasi fenotipik dan genotipik memberikan manfaat dan peranan yang penting dalam program pemuliaan tanaman terutama dalam memisahkan pengaruh genetik dan lingkungan terhadap performa suatu jenis tanaman. Melalui korelasi genotipik, hubungan antar karakter tanaman yang dipengaruhi oleh faktor genetik dapat diketahui, dan melalui korelasi fenotipik, pengaruh faktor lingkungan terhadap karakter tanaman tersebut dapat diidentifikasi. Namun demikian, apabila hasil analisis korelasi fenotipik dan genotipik sama-sama nyata dan besaran nilainya tidak jauh berbeda, maka estimasi menggunakan korelasi fenotipik dapat dipertimbangkan validitasnya apabila tidak tersedia informasi tentang ragam genetik (Waite & Levin, 1998; Sodini, Kemper, Wray, & Trzaskowski, 2018). Penelitian bertujuan menganalisis daya gabung dan korelasi karakter jumlah buah kakao pada model persilangan setengah dialel. Dari hasil penelitian ini diharapkan diperoleh tetua yang mempunyai nilai daya gabung umum tinggi agar dapat diperoleh hibrida dengan karakter target yang lebih unggul dari tetuanya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi, pada ketinggian tempat 450 m di atas permukaan laut (dpl) dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt dan Fergusson), mulai tahun 2014 sampai 2018. Perbanyak klonal melalui metode sambung (*grafting*) dan pemeliharaan hasil sambungnya dilakukan di KP Pakuwon mulai tahun 2014. Entres yang digunakan berasal dari materi genetik hasil persilangan yang telah dilakukan di KP Kaliwining, Jawa Timur. Selanjutnya pada tahun 2015 dilakukan penanaman di lapangan sesuai dengan rancangan penelitian, dan kegiatan berikutnya adalah pemeliharaan tanaman dan pengamatan karakter morfologi (vegetatif dan generatif) serta daya hasil sampai tahun 2018.

Bahan dan Rancangan Percobaan

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian adalah populasi F1 hasil persilangan setengah diallel lima genotipe kakao, yaitu ICCRI 03, TSH 858, ICS 13, DR 1, dan SCA 6. Genotipe ICCRI 03, TSH 858, dan ICS 13 dipilih sebagai tetua karena mempunyai daya hasil tinggi dan bersifat moderat sampai tahan terhadap penyakit busuk buah. DR 1 digunakan sebagai tetua persilangan karena mempunyai kualitas biji yang baik, sedangkan SCA 6 dipilih karena diketahui tahan terhadap penyakit busuk buah (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2012). Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 10 kombinasi persilangan setengah diallel sebagai perlakuan (Tabel 1) dan diulang 3 kali.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan terhadap karakter jumlah buah, meliputi jumlah buah sehat (JBS), jumlah buah busuk (JBB), jumlah layu pentil (*cherelle wilt*) (JLP), dan jumlah buah total (JT=JBS+JBB+JLP). Analisis ragam dari data hasil pengamatan setiap parameter dianalisis secara statistik menggunakan Minitab versi 16.0 dikombinasikan dengan SPSS versi 21.0. Apabila terdapat perbedaan yang nyata dari hasil analisis ragam, maka analisis data dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Analisis daya gabung dari karakter yang diamati dilakukan berdasarkan metode Griffing 4 (hanya satu set F1 tanpa tetua dan resiproknya). Selain itu, dilakukan juga analisis heritabilitas dalam arti sempit (*narrow sense heritability*), dan analisis korelasi secara fenotipik maupun genotipik mengikuti formula yang telah dikemukakan oleh Griffing (1956); Singh & Chaudhary (1979); dan Bolboaca, Jantschi, & Sestras (2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Performa Karakter Jumlah Buah Populasi F1

Hasil analisis ragam untuk karakter jumlah buah sehat, jumlah layu pentil (*cherelle wilt*), dan jumlah buah total dari populasi F1 menunjukkan perbedaan yang nyata antar kombinasi persilangan, sedangkan untuk karakter jumlah buah busuk tidak berbeda nyata (Tabel 2). Berdasarkan hasil identifikasi, buah kakao yang busuk pada umumnya disebabkan oleh jamur *P. palmivora* (patogen penyakit busuk buah kakao).

Tabel 1. Skema pembentukan 10 kombinasi persilangan kakao menggunakan metode setengah diallel

Table 1. The scheme of forming 10 combinations of cacao crosses using half diallel method

Tetua betina (♀)	Tetua jantan (♂)				
	ICCRI 03	TSH 858	DR 1	ICS 13	SCA 6
ICCRI 03	-	√	√	√	√
TSH 858	-	-	√	√	√
DR 1	-	-	-	√	√
ICS 13	-	-	-	-	√
SCA 6	-	-	-	-	-

Keterangan: √ kombinasi persilangan, persilangan dilakukan oleh Rubiyo *et al.* (2011) di KP. Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jawa Timur

Notes : √ denoted to crossing combinations, the crossing was conducted by Rubiyo *et al.* (2011) at KP. Kaliwining, Indonesian Coffee and Cacao Research Institute, East Java

Tabel 2. Analisis ragam karakter jumlah buah total, buah sehat, buah busuk, dan layu pentil pada 10 kombinasi persilangan setengah dialel kakao

Table 2. Analysis of variance of total pod numbers, healthy pods, rotten pods, and cherelle wilt in 10 half diallel cacao cross combinations

Sumber keragaman	Derajat bebasNilai kuadrat tengah.....			Nilai peluang.....			
		Jumlah buah sehat	Jumlah buah busuk	Jumlah layu pentil	Jumlah total	Jumlah buah sehat	Jumlah buah busuk	Jumlah layu pentil	Jumlah total
Ulangan	2	85,96	2,74	30,24	249,80	-	-	-	-
Perlakuan	9	519,95	1,20	56,75	906,90	0,000**	0,057 ^{tn}	0,031*	0,000**
Galat	18	66,83	0,51	0,47	146,00	-	-	-	-

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%; tn = tidak nyata

Notes : * and ** significant at 5% and 1% levels, respectively; tn = non significant

Berdasarkan analisis statistik, di antara 10 kombinasi persilangan, populasi F1 yang berasal dari persilangan antara klon kakao ICS 13 dan SCA 6 menunjukkan jumlah buah sehat, jumlah layu pentil, dan jumlah buah total lebih banyak dibandingkan dengan kombinasi persilangan lainnya. Secara umum, performa ke-9 kombinasi persilangan lainnya (selain ICS 13 x SCA 6) relatif hampir sama untuk semua karakter yang diamati, kecuali untuk persilangan DR 1 x SCA 6 yang menunjukkan nilai yang lebih tinggi untuk karakter jumlah buah sehat dan jumlah buah total dibandingkan dengan TSH 858 x SCA 6 dan DR 1 x ICS 13 (Tabel 3). Meskipun kombinasi persilangan ICS 13 x SCA 6 menghasilkan progeni dengan performa yang lebih baik,

yaitu memiliki jumlah buah sehat dan jumlah buah total lebih banyak dibandingkan dengan progeni hasil kombinasi persilangan lainnya, tetapi tidak setiap progeni yang berasal dari kombinasi persilangan yang mengandung salah satu dari tetua-tetua tersebut (ICS 13 maupun SCA 6) memiliki performa yang baik pula. Sebagai contoh, progeni hasil kombinasi persilangan TSH 858 x SCA 6 dan DR 1 x ICS 13 memiliki performa yang relatif rendah. Hal seperti ini memberikan indikasi adanya keragaman daya gabung dari tetua-tetua yang diuji. Analisis daya gabung dilakukan terhadap karakter yang dinilai nyata, yaitu jumlah buah sehat, jumlah layu pentil, dan jumlah buah total.

Tabel 3. Nilai rata-rata jumlah buah total, buah sehat, buah busuk, dan layu pentil pada 10 kombinasi persilangan setengah dialel kakao

Table 3. The average number of total pods, healthy pods, rotten pods, and cherelle wilt in 10 half diallel cacao cross combinations

Kombinasi persilangan (♀ x ♂)	Jumlah buah sehat/pohon	Jumlah buah busuk/pohon	Jumlah layu pentil/pohon	Jumlah total /pohon
ICCRI 03 x TSH 858	15,17 bcd	0,68 a	4,06 b	19,90 bc
ICCRI 03 x DR 1	7,56 cd	0,56 a	7,17 ab	15,28 bc
ICCRI 03 x ICS 13	8,42 cd	0,46 a	1,71 b	10,58 bc
ICCRI 03 x SCA 6	19,85 bc	1,28 a	5,99 b	27,12 bc
TSH 858 x DR 1	15,23 bcd	2,13 a	6,41 b	23,77 bc
TSH 858 x ICS 13	14,71 bcd	0,67 a	3,50 b	18,88 bc
TSH 858 x SCA 6	2,42 d	0,31 a	1,18 b	3,90 c
DR 1 x ICS 13	2,50 d	0,42 a	1,75 b	4,67 c
DR 1 x SCA 6	26,40 b	0,83 a	3,87 b	31,11 b
ICS 13 x SCA 6	46,63 a	1,87 a	16,07 a	64,32 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%

Note : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different at 5% level according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Keragaman Daya Gabung Umum (DGU) dan Daya Gabung Khusus (DGK)

Hasil analisis ragam daya gabung menunjukkan bahwa efek DGU maupun DGK secara umum menunjukkan hasil yang nyata untuk ketiga karakter komponen jumlah buah, yaitu jumlah buah sehat, jumlah layu pentil, dan jumlah buah total, kecuali DGU untuk karakter jumlah layu pentil (Tabel 4). Selanjutnya, untuk ketiga karakter yang dimaksud ternyata seluruhnya menunjukkan nilai DGU yang lebih kecil daripada DGK. Kondisi seperti ini mengakibatkan nilai heritabilitas dalam arti sempit tidak dapat diestimasi (selisih DGU dengan DGK negatif) (Bolboaca

et al., 2010; Olfati, Samizadeh, Rabiei, & Peyvast, 2012), atau dipertimbangkan bernilai nol (Plomin & Colledge, 2001; Bolboaca *et al.*, 2010).

Berdasarkan hasil analisis DGU terhadap karakter jumlah buah sehat, jumlah layu pentil, dan jumlah buah total, tetua SCA 6 dan ICS 13 memiliki nilai DGU yang positif, sedangkan tetua yang lainnya memiliki nilai DGU negatif. SCA 6 secara nyata memiliki nilai DGU positif pada karakter jumlah buah sehat dan jumlah buah total (masing-masing 10,58 dan 12,88), sebaliknya tetua TSH 858 secara nyata mempunyai nilai DGU negatif, yaitu pada karakter jumlah buah sehat (-5,34) (Tabel 5).

Tabel 4. Analisis ragam daya gabung untuk jumlah buah sehat, layu pentil, dan buah total pada persilangan setengah dialel kakao
Table 4. Analysis of variance of combining ability for the number of healthy pods, cherrille wilt, and total pods in a half diallel cacao crosses

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah (KT)		
		Jumlah buah sehat/pohon	Jumlah layu pentil/pohon	Jumlah total/pohon
DGU	4	136,62**	6,89 ^m	204,51**
DGK	5	202,57**	28,55**	380,54**
Galat	18	22,28	6,82	48,67
DGU/DGK	-	0,67	0,24	0,54
δ^2_A	-	-43,97	-14,43	-117,36
δ^2_D	-	180,29	21,72	331,87
δ^2_P	-	158,60	14,11	263,18
h^2	-	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a

Keterangan: ** nyata pada taraf 1%; tn = tidak nyata; DGU = daya gabung umum; DGK = daya gabung khusus; δ^2_A = ragam aditif; δ^2_D = ragam dominan; δ^2_P = ragam fenotip; h^2 = heritabilitas; ^a tidak bisa diestimasi karena nilai $KT_{DGU} < KT_{DGK}$

Notes : ** significant at 1% level; tn = not significant; GCA = general combining ability; SCA = specific combining ability; δ^2_A = additive variance; δ^2_D = dominance variance; δ^2_P = phenotype variance; h^2 = heritability; ^a cannot be estimated because the value of $MS_{GCA} < MS_{SCA}$

Tabel 5. Nilai daya gabung umum (DGU) lima genotipe kakao untuk jumlah buah sehat, layu pentil, dan buah total
Table 5. General combining ability (GCA) value of five cacao genotypes for the number of healthy pods, cherele wilt, and total pods

Genotipe Tetua	Jumlah buah sehat/pohon	Jumlah layu pentil/pohon	Jumlah total/pohon
ICCRI 03	-4,19	-0,59	-4,98
TSH 858	-5,34*	-1,84	-7,21
DR 1	-3,95	-0,49	-4,33
ICS 13	2,90	0,78	3,55
SCA 6	10,58**	2,14	12,88**

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%

Notes : * and ** significant at 5% and 1% levels, respectively

Tabel 6. Nilai daya gabung khusus (DGK) 10 kombinasi persilangan kakao untuk jumlah buah sehat, layu pentil, dan buah total
 Table 6. Specific combining ability (SCA) value of the 10 cacao crosses combinations for the number of healthy pods, cherele wilt, and total pods

Kombinasi persilangan (♀ x ♂)	Jumlah buah sehat/pohon	Jumlah layu pentil/pohon	Jumlah total/pohon
ICCRI 03 x TSH 858	8,81*	1,32	10,05
ICCRI 03 x DR1	-0,19	3,08	2,63
ICCRI 03 x ICS 13	-6,19	-3,66	-9,94
ICCRI 03 x SCA 6	-2,43	-0,73	-2,74
TSH 858 x DR 1	8,64*	3,58	13,26*
TSH 858 x ICS 13	1,26	-0,61	0,50
TSH 858 x SCA 6	-18,71**	-4,29*	-23,81**
DR 1 x ICS 13	-12,34**	-3,71	-16,50**
DR 1 x SCA 6	3,88	-2,95	0,60
ICS 13 x SCA 6	17,26**	7,97**	25,94**

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%
 Notes : * and ** significant at 5% and 1% levels, respectively

Pada umumnya, persilangan antar kedua tetua yang memiliki nilai DGU tinggi akan menghasilkan hibrida dengan DGK yang tinggi karena adanya efek interaksi antara alel positif x positif (Hairmansis, Aswidinnoor, Trikoesoemaningtyas, & Suwarno, 2015). Namun demikian, tidak menutup kemungkinan persilangan antar tetua yang mempunyai nilai DGU negatif dapat menghasilkan keturunan dengan nilai DGK positif. Pada penelitian ini, tetua-tetua dengan nilai DGU negatif (ICCRI 03, TSH 858, dan DR 1) tidak selalu menghasilkan nilai DGK negatif pada generasi F1. Sebagai contoh, kombinasi ICCRI 03 x TSH 858, ICCRI 03 x DR 1, dan TSH 858 x DR 1 umumnya mempunyai nilai DGK positif pada klon turunannya (Tabel 6) walaupun sebagian tetuanya bernilai DGU negatif. Sementara, kombinasi persilangan yang salah satu tetuanya memiliki nilai DGU positif, seperti SCA 6 atau ICS 13, ternyata tidak selalu menghasilkan nilai DGK yang positif pada generasi F1. Sebagai contoh, kombinasi ICCRI x ICS 13, ICCRI 03 x SCA 6, TSH 858 x SCA 6, dan DR 1 x ICS 13 memiliki nilai DGK yang negatif (Tabel 6) dengan performa yang relatif rendah hingga sedang (Tabel 2), walaupun salah satu tetuanya bernilai DGU positif. Fenomena seperti ini bisa terjadi karena adanya pengaruh interaksi dari masing-masing tetua yang disilangkan, dan aksi gen yang memengaruhinya bersifat non aditif, seperti dominan dan epistatis. Dominansi adalah interaksi yang terjadi antar alel pada setiap lokus, sedangkan epistatis adalah interaksi antar genotipe pada lokus yang berbeda (Walsh, 2001; Fasahat *et al.*, 2016). Alasan ini diperkuat oleh nilai ragam aditif yang negatif, nilai DGU yang lebih rendah dari nilai DGK sehingga rasio dari

keduanya menjadi rendah, dan nilai heritabilitasnya tidak dapat diestimasi atau bernilai nol (Tabel 4).

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa peranan DGK dalam suatu analisis daya gabung merupakan suatu hal yang sangat penting. Kombinasi persilangan kakao dengan nilai DGK yang positif dan relatif besar, seperti ICCRI 03 x TSH 858, TSH 858 x DR 1, dan ICS 13 x SCA 6 (Tabel 6), sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai varietas hibrida unggul berproduksi tinggi.

Nilai rasio antara ragam DGU dengan DGK atau disebut juga dengan rasio prediktabilitas, dapat menentukan tipe aksi gen yang terlibat pada suatu persilangan. Apabila rasio tersebut mendekati atau lebih besar dari satu (1) maka daya prediksinya tertuju hanya pada DGU. Sebaliknya, apabila rasio yang dihasilkan lebih kecil dari satu (1) maka daya prediksinya adalah ke arah DGK (Baker, 2010; Fasahat *et al.*, 2016; Kumar, Bharadwaj, Singh, & Gupta, 2017). Selanjutnya dikemukakan bahwa aksi gen untuk DGU dipengaruhi oleh gen aditif, dan dipandang dari sudut statistik merupakan efek utama (*main effect*). Sementara, DGK dipengaruhi oleh gen non aditif yang meliputi efek dominan dan epistatis, dan dipandang dari sudut statistika merupakan efek interaksi (*interaction effect*) (Griffing, 1956; Bhullar, Gill, & Khehra, 1979; Walsh, 2001; dos Santos *et al.*, 2016; Fasahat *et al.*, 2016). Efek interaksi itu sendiri sering ditemukan dalam analisis daya gabung untuk karakter hasil, seperti karakter jumlah buah, karena karakter tersebut bersifat kuantitatif yang sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dengan lingkungannya. Di samping itu, karakter hasil juga bersifat poligenik sehingga dalam

seleksi pun kurang efektif apabila hanya didasarkan pada satu karakter hasil saja (Fasahat *et al.*, 2016). Meskipun pada penelitian ini parameter yang diamati hanya terbatas pada karakter jumlah buah, akan tetapi informasi yang dihasilkan dapat melengkapi hasil penelitian sebelumnya (Tresniawati *et al.*, 2014) terkait analisis daya gabung beberapa karakter vegetatif dan generatif dari tetua-tetua kakao pada populasi F1. Pada penelitian tersebut, dilaporkan bahwa kombinasi persilangan TSH 858 x DR 1 dan ICS 13 x SCA 6 memiliki nilai DGK positif dan relatif tinggi untuk karakter tinggi jorket (masing-masing 10,38 dan 6,25), sedangkan kombinasi DR 1 x SCA 6 untuk karakter lingkaran batang, persentase tanaman berbunga, dan persentase tanaman berbuah (masing-masing 1,35; 1,62; dan 1,50).

Pendugaan nilai daya gabung sangat bermanfaat bagi para pemulia dalam menentukan tetua persilangan terbaik agar diperoleh keturunan yang lebih unggul. Perbedaan nilai DGU maupun DGK untuk setiap genotipe tanaman sangat mungkin terjadi karena nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti genotipe yang menjadi pasangannya, karakter tanaman yang diamati, model persilangan, dan metode analisis daya gabung yang digunakan. Perbedaan-perbedaan tersebut mencerminkan pula perbedaan dalam aksi gen sebagai pengendali dalam proses interaksinya. Sebagai contoh, dengan susunan genotipe tetua serta model persilangan yang sama dengan penelitian ini, diketahui adanya aksi gen aditif untuk karakter lingkaran batang serta persentase tanaman

berbunga dan berbuah, sedangkan untuk karakter tinggi jorket ternyata aksi gen non aditif yang memengaruhinya (Tresniawati, Dani, Wicaksono, & Rubiyo, 2014). Sementara itu, dengan susunan genotipe tetua yang sama tetapi berbeda dalam model persilangannya diketahui adanya aksi gen aditif untuk karakter ketahanan tanaman terhadap penyakit busuk buah yang disebabkan oleh cendawan *P. palmivora* (Rubiyo *et al.*, 2011). Variasi lainnya juga terjadi pada hasil penelitian dengan susunan genotipe dan model persilangan yang berbeda, yaitu adanya aksi gen aditif dan non aditif untuk karakter-karakter yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap penyakit busuk buah kakao (Cervantes-martinez *et al.*, 2006; Nyadanu *et al.*, 2012; Nyadanu *et al.*, 2019). Selain itu, dengan susunan genotipe dan metode analisis daya gabung yang berbeda diketahui adanya aksi gen aditif untuk karakter hasil, serta seluruh karakter komponen buah dan biji kakao (Tan, 1990).

Korelasi Fenotipik dan Genotipik

Berdasarkan hasil analisis korelasi dapat diketahui bahwa keempat karakter komponen jumlah buah yang diamati ternyata saling berkorelasi sangat nyata, baik secara fenotipik maupun genotipik (Tabel 7). Hasil analisis korelasi ini sejalan dengan fenomena yang dihasilkan pada analisis DGU dan DGK (Tabel 5 dan 6), apabila satu karakter memiliki nilai DGU atau DGK dengan indeks positif maka karakter lainnya cenderung positif, demikian juga apabila indeksnya negatif maka karakter lainnya juga cenderung negatif.

Tabel 7. Nilai korelasi fenotipik dan genotipik antar karakter yang diamati
Table 7. Phenotypic and genotypic correlations value between characters observed in the study

Karakter yang dikorelasikan	Jumlah buah sehat/pohon	Jumlah buah busuk/pohon	Jumlah layu pentil/pohon	Jumlah total/pohon
Jumlah buah sehat/pohon	-	0,60**	0,77**	0,98**
Jumlah buah busuk/pohon	-	-	0,70**	0,69**
Jumlah layu pentil/pohon	-	-	-	0,88**
Jumlah total/pohon	-	-	-	-

Keterangan : ** nyata pada taraf 1%; angka yang dicetak tebal menunjukkan nilai korelasi genotipik dan yang lainnya korelasi fenotipik

Notes : ** significant at 1% level; numbers in bold type indicate the genotypic correlation value and the others are the phenotypic correlation

Tabel 7 juga menunjukkan bahwa ditinjau dari segi besaran nilai korelasinya, korelasi genotipik menunjukkan nilai yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan nilai korelasi fenotipik untuk seluruh pasangan karakter yang dikorelasikan. Korelasi genotipik yang nyata dan besaran nilainya cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan korelasi fenotipik. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan antar karakter komponen hasil yang diamati dalam penelitian ini dipengaruhi secara dominan oleh faktor genetik, sejalan dengan hasil penelitian Karim, Siddique, Sarkar, Hasnat, & Sultana (2014). Oleh karena itu, performa masing-masing genotipe hasil persilangan pada keempat karakter komponen jumlah buah (Tabel 2) relatif tidak akan berubah susunannya walaupun genotipe-genotipe tersebut ditanam pada lokasi yang berbeda dan atau karena adanya perubahan lingkungan.

KESIMPULAN

Daya gabung karakter jumlah buah lima tetua kakao (ICCRI 03, TSH 858, DR 1, ICS 13, dan SCA 6) menunjukkan adanya aksi gen non aditif pada generasi F1 yang dirakit melalui persilangan setengah diallel. Genotipe tetua, ICS 13 dan SCA 6 mempunyai nilai daya gabung umum (DGU) yang positif. Sementara, tiga kombinasi persilangan (ICCRI 03 x TSH 858, TSH 858 x DR 1, dan ICS 13 x SCA 6) diketahui memiliki nilai daya gabung khusus (DGK) yang tinggi untuk karakter jumlah buah sehat, layu pentil, dan buah total. Ketiga hasil persilangan tersebut berpeluang untuk dikembangkan menjadi varietas hibrida unggul produksi tinggi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya korelasi genotipik dan fenotipik yang nyata terhadap karakter jumlah buah sehat, jumlah buah busuk, jumlah layu pentil, dan jumlah buah total.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Bapak Prof. (R). Dr. Rubiyo, M.Si. yang telah memberikan materi genetik tanaman berupa entres populasi F1 kakao. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian yang telah memberikan dana penelitian melalui APBN DIPA Balittri tahun 2018. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Januar Firmansyah, SP dan Tri Buana Dewi sebagai teknisi litkayasa yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta pengamatan baik di lapangan maupun di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A. B., Sujiprihati, S., & Syukur, M. (2016). Pendugaan heterosis dan heterobeltiosis pada enam genotipe cabai menggunakan analisis silang dialel penuh. *Jurnal Hortikultura*, 22(2), 103–110. <http://doi.org/10.21082/jhort.v22n2.2012.p103-110>
- Baker, R. J. (2010). Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18(4), 533–536. <http://doi.org/10.2135/cropsci1978.0011183x001800040001x>
- Bhullar, G. S., Gill, K. S., & Khehra, A. S. (1979). Combining ability analysis over F1-F5 generations in diallel crosses of bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 55(2), 77–80. <http://doi.org/10.1007/BF00285194>
- Bolboaca, S. D., Jantschi, L., & Sestras, A. F. (2010). Statistics and genetic analysis of quantitative traits using Griffing's experimental method IV: A practical guideline. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*, 67(1), 56–64.
- Budiyanti, T., Sobir, Wirnas, D., & Sunyoto, S. (2015). Daya gabung dan aksi gen pada karakter buah dan hasil dari populasi setengah diallel lima genotipe pepaya (*Carica papaya L.*). *J. Hort*, 25(4), 287–293.
- Cervantes-martinez, C., Brown, J. S., Schnell, R. J., Phillips-Mora, W., Takrama, J. F., & Motamayor, J. C. (2006). Combining ability for disease resistance, yield, and horticultural traits of cacao (*Theobroma cacao L.*) clones. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 131(2), 231–241.
- dos Santos, E. A., de Almeida, A.-A. F., Ahnert, D., da Silva Branco, M. C., Valle, R. R., & Baligar, V. C. (2016). Diallel analysis and growth parameters as selection tools for drought tolerance in young *Theobroma cacao* Plants. *Plos One*, 11(8), 1–22. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0160647>
- El-Gabry, M. A. H., Solieman, T. I. H., & Abido, A. I. A. (2014). Combining ability and heritability of some tomato (*Solanum lycopersicum L.*) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 167, 153–157. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.010>
- Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J. M., & Derera, J. (2016). Principles and utilization of combining ability in plant. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 4(1), 1–24. <http://doi.org/10.15406/bbij.2016.04.00085>

- Griffing, B. R. U. C. E. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9, 463–493.
- Hairmansis, A., & Aswidinnoor, H. (2015). Daya gabung karakter pengisian gabah varietas padi yang membawa alel netral pada lokus S-5. *Zuriat*, 16(2), 5. <http://doi.org/10.24198/zuriat.v16i2.6774>
- Iriany, R. N., Sujiprihati, S., Syukur, M., Koswara, J., & Yunus, M. (2011). Evaluasi daya gabung dan heterosis lima galur jagung manis (*Zea mays* var. *saccharata*) hasil persilangan diallel. *J. Agron. Indonesia*, 39(2), 103–111.
- Karim, D., Siddique, M. N. A., Sarkar, U., Hasnat, Z., & Sultana, J. (2014). Phenotypic and genotypic correlation co-efficient of quantitative characters and character association of aromatic rice. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 1(1), 34–46. <http://doi.org/10.18801/jbar.010114.05>
- Kumar, B., Bharadwaj, D. N., Singh, L., & Gupta, S. K. (2017). Estimation of combining ability in F1 and F2 generations of diallel crosses in winter wheat (*Triticum aestivum* L. Em. Thell). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 1432–1444. <http://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.161>
- Nyadanu, D., Akromah, R., Adomako, B., Kwoseh, C., Lowor, S. T., Dzahini-Obiatey, H., ... & Assuah, M. K. (2012). Inheritance and general combining ability studies of detached pod, leaf disc and natural field resistance to *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora megakarya* in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Euphytica*, 188(2), 253–264. <http://doi.org/10.1007/s10681-012-0717-x>
- Nyadanu, D., Lowor, S. T., Akrofi, A. Y., Adomako, B., Dzahini-Obiatey, H., Akromah, R., ... & Kwarteng, A. O. (2019). Mode of inheritance and combining ability studies on epicuticular wax production in resistance to black pod disease in cacao (*Theobroma cacao* L.), 243, 34–40. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.002>
- Olfati, J. A., Samizadeh, H., Rabiei, B., & Peyvast, G. (2012). Griffing's methods comparison for general and specific combining ability in cucumber. *The Scientific World Journal*, 1–4. <http://doi.org/10.1100/2012/524873>
- Pereira, A. S., de Almeida, A. A. F., da Silva Branco, M. C., Costa, M. G. C., & Ahnert, D. (2017). Combining ability, heritability and genotypic relations of different physiological traits in cacao hybrids. *PLOS ONE*, 19(6), 1–36. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0178790>
- Plomin, R., & Colledge, E. (2001). Genetics and psychology: Beyond heritability. *European Psychologist*, 6(4), 229–240. <http://doi.org/10.1027//1016-9040.6.4.229>
- Rifianto, A., Syukur, M., Trikoesoemaningtyas, & Widodo. (2013). Daya gabung hasil dan komponen hasil tujuh galur jagung manis di dua lokasi. *J. Agron. Indonesia*, 41(3), 235–241. <http://doi.org/10.1007/s00530-006-0054-9>
- Rubiyo. (2013). Inovasi teknologi perbaikan bahan tanam kakao di Indonesia. *Buletin RISTRI*, 4(3), 199–214.
- Rubiyo, & Amaria, W. (2013). Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl.). *Perspektif*, 12(1), 23–36.
- Rubiyo, Trikoesoemaningtyas, T., & Sudarsono. (2011). Pendugaan daya gabung dan heterosis ketahanan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L) terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*). *Jurnal Littri*, 17(3), 124–131.
- Saputra, H. E., Syukur, M., & Aisyah, S. I. (2014). Pendugaan daya gabung dan heritabilitas komponen hasil tomat pada persilangan diallel penuh. *J. Agron. Indonesia*, 42(3), 203–209.
- Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (1979). Biometrical method in quantitative genetic analysis. Kalyani Publisher, New Delhi – India.
- Sodini, S. M., Kemper, K. E., Wray, N. R., & Trzaskowski, M. (2018). Comparison of genotypic and phenotypic correlations: Cheverud's conjecture in humans. *Genetics*, 209(3), 941–948. <http://doi.org/10.1534/genetics.117.300630>
- Tan, G. Y. (1990). Combining Ability analysis of yield and its components in cacao. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(3), 509–512.
- Tresniawati, C., Dani, Wicaksono, I. N. A., & Rubiyo. (2014). Pendugaan daya gabung dan heritabilitas beberapa karakter agronomis pada populasi F1 kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 1(2), 119–124.
- Waite, D. E., & Levin, D. A. (1998). Genetic and phenotypic correlations in plants: A botanical test of Cheverud's conjecture. *Heredity*, 80(3), 310–319. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1998.00298.x>
- Walsh, B. (2001). Quantitative genetics. *Nature Publishing Group*, 1–7.

