

## Daya Gabung dan Heterobeltiosis Karakter Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Galur *Backcross* Cabai Merah Toleran CMV pada Kondisi Terinokulasi

### *Combining Ability and Heterobeltiosis of Vegetative and Yield Characteristics of Several Backcross Lines of Chili Pepper Selected for CMV Tolerance in a CMV Inoculated Condition*

Catur Herison\*, Rustikawati, dan Merakati Handajaningsih

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu  
Jl. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia

Diterima 19 September 2016/Disetujui 31 Januari 2017

#### ABSTRACT

Information on combining ability and heterosis are desirable to determine the best parents in chili pepper hybrid variety development. To estimate general and specific combining abilities and heterobeltiosis of backcross lines selected for CMV tolerance, eight selected lines were crossed to three CMV tolerant lines in a Line x Tester method and the crosses were evaluated in a CMV inoculated condition. The results showed that general and specific combining abilities varied tremendously among crosses and traits. Generally, specific combining ability (*sca*) variances were higher than general combining ability (*gca*) variance indicating that interaction of non-additive predominance the inheritance of traits under study. Amongst lines evaluated, there was no a general combiner line for vegetative growth. However, lines SIB3A-29-13-47 and SIB3B-12-13-2 were the best general combiner for a breeding program to improve total number of fruits and fruit weight per plant, respectively. Crosses of SIB3C-16-22-34 x C1042, SIB3B-49-40-6 x C1043, and SIB3C-34-18-9 x C1042 were considered the most prospective crosses as indicated by high value of *sca*, i.e., 130.53, 102.01 and 61.93, with heterobeltiosis estimate of 146.06, 26.05 and 24.31, respectively.

Keywords: *capsicum annum*, heterobeltiosis, GCA, SCA

#### ABSTRAK

Informasi tentang daya gabung dan heterosis sangat diperlukan untuk menentukan pasangan tetua terbaik dalam perakitan varietas hibrida cabai merah. Untuk menduga nilai daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) serta heterobeltiosis, delapan galur *backcross* terseleksi disilangkan dengan tiga tetua toleran CMV dengan rancangan persilangan Lines x Testers dan dievaluasi pada kondisi terinokulasi CMV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya gabung umum dan daya gabung khusus sangat bervariasi antar peubah pertumbuhan maupun komponen hasil. Varian DGK secara umum lebih tinggi dibandingkan varian DGU yang mengindikasikan bahwa interaksi gen non-aditif lebih mendominasi pewarisan karakter vegetatif maupun komponen hasil. Di antara galur yang diuji, tidak ada tetua yang dapat digunakan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif. Tetua SIB3A-29-13-47 merupakan tetua penggabung umum terbaik yang dapat digunakan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan jumlah buah, sedangkan SIB3B-12-13-2 untuk bobot buah per tanaman. Pasangan persilangan SIB3C-16-22-34 x C1042, SIB3B-49-40-6 x C1043, dan SIB3C-34-18-9 x C1042 merupakan pasangan persilangan yang menunjukkan DGK tinggi untuk sifat bobot buah per tanaman dengan nilai berturut-turut 130.53, 102.01 dan 61.93, dengan nilai heterobeltiosis berturut-turut 146.06, 26.05 dan 24.31.

Kata kunci: *capsicum annum*, DGK, DGU, heterobeltiosis

#### PENDAHULUAN

Daya gabung khusus dan heterosis sangat penting untuk menyeleksi pasangan tetua dalam perakitan varietas hibrida. Pemulia tanaman seringkali menemui persoalan

dalam menentukan pasangan tetua terbaik sebagai bahan persilangan dalam perakitan varietas unggul. Analisis daya gabung khusus dan heterosis telah digunakan dalam berbagai program pemuliaan untuk merakit varietas hibrida berdaya hasil tinggi seperti pada padi (Muthuramu *et al.*, 2010), sorghum (Mahdy *et al.*, 2011), bunga matahari (Karasu *et al.*, 2010), pare (Thangamani *et al.*, 2011), kacang hijau (Selvam dan Elangaimannan, 2010), cabai (Shrestha *et al.*,

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: [herisoncatur@gmail.com](mailto:herisoncatur@gmail.com)

2011; Nascimento *et al.*, 2014) dan jagung manis (Rifianto *et al.*, 2013).

Penampilan tetua yang baik tidak serta merta menggambarkan keunggulan penggabungan sifat dalam persilangan. Oleh karena itu, informasi tentang efek perilaku gen dan ekspresinya dalam bentuk daya gabung sangat dibutuhkan. Analisis daya gabung dapat memberikan informasi tentang aksi gen yang terlibat dalam pewarisan sifat. Daya gabung umum merupakan manifestasi efek aksi gen aditif dan interaksi epistasis aditif x aditif, yang secara teoritis dapat terfiksasi dari generasi ke generasi inbred. Daya gabung khusus lebih ditentukan oleh aksi gen non-aditif dan karenanya tidak dapat difiksasi. Keberadaan varian genetik non-aditif tersebut menjadi dasar yang penting dalam perakitan varietas hibrida (Zhou *et al.* 2007). Sementara itu, heterosis yang diduga berdasarkan nilai tetua terbaik (heterobeltiosis) adalah gambaran dari magnitud interaksi *overdominance* antar alel (Fehr, 1987; Bagheri dan Jelodar, 2010).

Pada cabai merah, analisis genetik terkait dengan efek daya gabung khusus dan heterosis telah dilakukan terhadap berbagai karakter morfologis (Nascimento *et al.*, 2010; Patel *et al.*, 2010), dan karakter fisiologis net fotosintesis (Zhou *et al.*, 2007). Kajian tersebut menduga aksi gen yang berkaitan dengan efek daya gabung umum dan daya gabung khusus, serta fenomena heterosis.

Perakitan hibrida unggul toleran virus memerlukan kedua tetua yang toleran virus serta memiliki heterobeltiosis tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi daya gabung khusus dan daya gabung umum serta heterobeltiosis pada tetua yang diseleksi *backcross* untuk toleransi terhadap CMV dalam rangka merakit hibrida unggul toleran terhadap virus tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Material genetik yang digunakan meliputi delapan tetua toleran CMV hasil seleksi *backcross* dalam kegiatan introgresi sifat toleran CMV ke dalam tetua hasil tinggi, yang meliputi P1 (S1B3A-29-13-47), P2 (S1B3B-12-13-2), P3 (S1B3B-49-40-3), P4 (S1B3B-49-40-6), P5 (S1B3C-16-5-25), P6 (S1B3C-16-22-34), P7 (S1B3C-34-14-15), dan P8 (S1B3C-34-18-9) yang digunakan sebagai tetua betina dan tiga genotipe toleran CMV (C1024, C1042 dan C1043) sebagai tetua jantan dan *tester*. Seluruh tetua betina disilangkan dengan tetua jantan menggunakan skema *line x tester* mengikuti metode Singh dan Chaudhary (1979). Percobaan dilakukan di dalam rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu pada bulan April sampai dengan Oktober 2011, menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 3 ulangan. Setiap unit percobaan terdiri atas 3 tanaman.

Pada fase kotiledon dan fase daun sejati pertama pada pembibitan seluruh tanaman diinokulasi CMV 02 RIV (dari Balitsa Lembang) mengikuti Herison *et al.* (2010). Ketika berumur 5 minggu, bibit ditanam pada polibag yang berisi media tanam berupa *top soil* 10 kg. Dosis pupuk yang digunakan adalah setara 20 ton pupuk kandang, 300 kg

urea, 300 kg SP36 dan 100 kg KCl per hektar. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara preventif. Pengamatan dilakukan terhadap komponen pertumbuhan vegetatif, yang terdiri atas tinggi tanaman, tinggi cabang dikotomus pertama, jumlah cabang dikotomus, dan diameter kanopi; dan komponen hasil yang meliputi jumlah buah total, panjang buah, diameter buah dan bobot buah total.

Data dianalisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan partisi efek perlakuan untuk menghitung pengaruh tetua (*parent*) dan pengaruh persilangan (*crosses*). Efek persilangan selanjutnya dipartisi ke dalam efek *line* (galur tetua yang disilangkan) dan *tester*. Pendugaan daya gabung mengikuti Singh dan Chaudhary (1979), dan pendugaan nilai heterobeltiosis menggunakan metode Fehr (1987).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Daya Gabung Umum (DGU) dan Daya Gabung Khusus (DGK)*

Analisis ragam untuk daya gabung menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dalam tetua yang diuji (*lines*) dan interaksi *lines x tester* hanya diperoleh pada variabel komponen hasil (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan bahwa tetua yang diuji memiliki keragaman genetik aditif pertumbuhan vegetatif yang sempit. Sebaliknya, pada variabel hasil dan komponen hasil terindikasi bahwa ragam non-aditif besar (Bagheri dan Jelodar, 2010). Hal ini juga didukung oleh ragam daya gabung khusus ( $\sigma^2_{DGK}$ ) pada variabel tersebut yang jauh lebih besar dibandingkan dengan ragam daya gabung umum ( $\sigma^2_{DGU}$ ) yang menunjukkan bahwa aksi gen non-aditif berperan sangat besar dalam pewarisan karakter tersebut. Hasil yang sama ditunjukkan oleh Nascimento *et al.* (2014), yang mengindikasikan bahwa dalam populasi yang diteliti berpotensi dapat dihasilkan hibrida yang memiliki daya hasil tinggi. Sebagaimana juga ditunjukkan dalam penelitian Bagheri dan Jelodar (2010) dan Tiwari *et al.* (2011) pada tanaman padi. Hasil yang berbeda diperoleh Tarchoun dan Mougou (2009); Nascimento *et al.* (2010); Mansour-Gueddes *et al.* (2014) bahwa ragam DGU pada karakter komponen hasil jauh lebih besar dibandingkan dengan ragam DGK yang mengindikasikan bahwa aksi gen aditif menentukan pewarisan karakter tersebut. Perbedaan tersebut berkaitan dengan karakteristik populasi tetua yang diuji. Dalam penelitian ini, tetua yang diuji adalah tetua hasil seleksi *backcross*, sehingga ragam genetik antar tetua relatif lebih rendah dibandingkan dengan populasi tetua yang digunakan oleh peneliti tersebut.

Semakin tinggi nilai duga DGU maka semakin superior suatu tetua secara relatif terhadap tetua lain dalam penampilan suatu karakter ketika disilangkan (Chahal dan Gosal, 2003). Nilai duga efek DGU umumnya digunakan untuk menentukan tetua penggabung umum yang baik pada karakter tertentu (Mahdy *et al.*, 2011). Di dalam penelitian ini, tidak ditemukan tetua penggabung umum terbaik untuk karakter tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, diameter kanopi, tinggi cabang dikotomus pertama, panjang buah dan diameter buah. Sekalipun terdapat perbedaan nilai

Tabel 1. Nilai kuadrat tengah dalam analisis ragam daya gabung karakter pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil cabai merah

Sumber Keragaman	db	Tinggi tanaman	Diameter batang	Jumlah cabang	Diameter kanopi	Tinggi dikotom	Jumlah buah	Bobot buah	Panjang buah	Diameter buah
Ulangan	2	403.66ns	13.46**	203,951.78**	967.79ns	2.35ns	415.15**	41,661.66**	8.94**	38.52**
Genotipe	34	286.61ns	2.08*	5,249.16ns	428.23ns	54.30ns	1,110.09**	42,560.91**	7.36**	12.51**
Parent	10	341.56ns	2.36ns	6,780.90ns	399.45ns	341.56ns	919.55**	20,014.64**	5.19**	11.39**
Parent vs Cross	1	7.05ns	3.84ns	4,732.01ns	2,513.74*	51.00ns	6,611.74**	323,403.55**	0.03ns	10.03*
Cross	23	274.87ns	1.88ns	4,605.67ns	350.07ns	49.72ns	953.74**	40,153.08**	8.62**	13.11**
Lines	7	270.75ns	1.01ns	2,443.60ns	242.69ns	80.11ns	1,303.96ns	61,264.49*	24.50**	16.32ns
Tester	2	250.06ns	5.51ns	12,311.35ns	987.88ns	0.01ns	986.72ns	102,300.27*	0.82ns	24.22ns
Lines x tester	14	280.47ns	1.8ns	4,585.89ns	312.64ns	41.63ns	773.91**	20,719.21**	1.80**	9.92**
Galat	68	263.51	1.32	5,580.10	327.57	44.80	9.31	662.36	0.51	2.23
$\sigma^2_{DGU}$		0.00	0.00	0.46	0.86	0.19	4.14	447.43	0.16	0.07
$\sigma^2_{DGK}$		5.65	0.16	0.00	0.00	0.00	254.87	6,685.61	0.43	2.56
CV (%)		18.94	14.53	41.91	28.21	15.62	5.66	7.23	6.78	12.11

Keterangan: ns = berbeda tidak nyata; \* = berbeda nyata; \*\* = berbeda sangat nyata berdasarkan uji F taraf 5 dan 1%

pendugaan DGU, tetapi varian DGUnya sangat rendah dan tidak berbeda nyata (Tabel 1). Perbedaan nilai dugaan DGU antar satu tetua dengan lainnya jika dibandingkan dengan nilai *critical differences* pada taraf  $\alpha = 5\%$  umumnya tidak berbeda nyata. Demikian halnya dengan tetua *tester* yang digunakan (Tabel 2). Hal ini disebabkan oleh kisaran nilai dugaan DGU dari delapan tetua yang diuji rendah. Tiwari *et al.* (2011) juga tidak dapat menentukan tetua penggabung umum yang baik dalam populasi yang diuji karena nilai duga DGU yang diperoleh rendah.

Namun demikian, berdasarkan karakter komponen hasil, dapat dilihat bahwa P1 adalah penggabung umum terbaik untuk jumlah buah total, diikuti oleh P2 dan P4. P2 merupakan penggabung umum terbaik untuk bobot buah total yang diikuti oleh P3 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa P1, P2 dan P4 dapat digunakan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan jumlah buah. P2 dan P3 dapat dimanfaatkan untuk perakitan varietas dengan daya hasil tinggi. Sementara itu, dari ketiga *tester* yang digunakan, tetua C1042 adalah penggabung umum yang

Tabel 2. Nilai dugaan daya gabung umum karakter pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil tetua hibrida

Tetua	Genotipe	Tinggi Tanaman	Diameter batang	Jumlah cabang	Diameter kanopi	Tinggi dikotom.	Jumlah buah total	Bobot total buah	Panjang buah	Diameter buah
P1	S1B3A-29-13-47	-0.75b	0.13ab	16.90a	11.58a	2.46ab	20.69a	-129.79e	-3.48e	-1.24de
P2	S1B3B-12-13-2	1.92ab	0.11ab	-24.90a	0.63ab	0.24ab	8.25b	155.59a	2.08a	1.66a
P3	S1B3B-49-40-3	-8.42b	-0.18ab	6.68a	-2.87b	-5.88b	-5.42d	-46.25d	1.25b	0.13b
P4	S1B3B-49-40-6	0.47ab	-0.17ab	-13.70a	0.8ab	0.57ab	7.25b	21.53b	0.31c	-0.08bc
P5	S1B3C-16-5-25	0.47ab	-0.05ab	-14.30a	1.24ab	-2.10ab	-14.42e	3.57c	-0.55d	1.41a
P6	S1B3C-16-22-34	-5.31b	0.25ab	-3.54a	-3.15b	0.9ab	2.92c	37.62b	-0.49d	-2.04e
P7	S1B3C-34-14-15	10.25a	0.52a	14.24a	-3.87b	-0.21ab	-5.53d	7.77bc	0.52c	1.14a
P8	S1B3C-34-18-9	1.36ab	-0.60b	18.57a	-4.37b	4.01a	-13.75e	-50.05d	0.35c	-0.97cd
	<i>Critical difference</i> ( $\alpha = 5\%$ )	10.61	0.75	48.80	11.82	4.37	1.99	16.81	0.47	0.97
<i>Tester</i>										
1	C1024	0.72a	0.24a	-0.43a	-0.83ab	0.01a	2.61b	-9.95b	-0.08b	-0.02b
2	C1042	2.81a	0.31a	22.86a	6.79a	0.01a	4.69a	69.69a	0.21a	1.02a
3	C1043	-3.53a	-0.55a	-22.40a	-5.96a	-0.03a	-7.31c	-59.74c	-0.13b	-0.99c
	<i>Critical difference</i> ( $\alpha = 5\%$ )	6.49	0.46	29.89	7.24	2.68	1.22	10.30	0.28	0.60

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji T pada taraf 5%

paling baik untuk karakter jumlah maupun bobot buah total, yang berarti bahwa genotipe ini dapat digunakan untuk merakit varietas dengan jumlah dan bobot buah total tinggi. Tetua penggabung umum terbaik juga telah ditentukan berdasarkan nilai DGU pada tanaman cabai (Daryanto *et al.*, 2010; Syukur *et al.*, 2010; Nascimento *et al.*, 2010; Nascimento *et al.*, 2014; Mansour-Gueddes *et al.*, 2014), pada tanaman padi (Muthuramu *et al.*, 2010; Bagheri dan Jelodar, 2010); pada tanaman kacang hijau (Selvam dan Elangaimannan, 2010), pada tanaman sorgum (Mahdy *et al.*, 2011).

Nilai duga DGK pada peubah vegetatif maupun komponen hasil bervariasi antara satu persilangan dengan persilangan yang lain dan peubah yang satu dengan peubah yang lain. Namun demikian untuk karakter tinggi tanaman, diameter batang, jumlah cabang, diameter kanopi, tinggi dikotom pertama, panjang buah dan diameter buah,

perbedaan nilai dugaan DGK antara persilangan yang satu dengan lainnya umumnya lebih rendah dibandingkan dengan nilai *critical differences* pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Oleh karena itu maka berdasarkan variabel tersebut belum dapat ditentukan pasangan persilangan yang terbaik. Namun demikian, berdasarkan pada karakter jumlah buah total dan bobot buah total, nilai dugaan DGK persilangan P6 x C1042 adalah tertinggi, yang diikuti oleh persilangan P4 x C1043, dan P8 x C1042 (Tabel 3). Dengan demikian maka pasangan tetua P6 dan C1042, P4 dan C1043, serta P8 dan C1042 merupakan pasangan tetua yang dapat menghasilkan hibrida daya hasil tinggi.

Persilangan tetua-tetua penggabung umum yang baik (memiliki nilai DGU tinggi) tidak serta merta menghasilkan DGK tinggi. Dalam penelitian ini persilangan yang menunjukkan nilai DGK tinggi ternyata dihasilkan dari persilangan tetua dengan DGU rendah x tinggi (P6 x C1042)

Tabel 3. Nilai dugaan daya gabung khusus karakter pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil persilangan cabai merah

Persilangan	Tinggi tanaman	Diameter batang	Jumlah cabang	Diam. kanopi	Tinggi dikotom	Jumlah total buah	Bobot total buah	Panjang buah	Diameter buah
P1 x C1024	-5.83a	-0.10a-c	-27.24a-c	-3.39a	0.87a	14.06b	50.03c-e	0.01a-e	1.08a-d
P1 x C1042	-5.25a	-0.46a-c	2.81a-c	-2.01a	1.21a	0.64c	-53.83jk	-0.72c-e	-0.84fg
P1 x C1043	11.08a	0.56a-c	24.43a-c	5.40a	-2.08a	-14.69f	3.8d-i	0.70ab	-0.24e-g
P2 x C1024	-1.50a	0.56a-c	-26.46a-c	6.89a	-2.24a	-1.50cd	-20.89h-j	-1.20e	-1.30fg
P2 x C1042	-4.92a	-0.41a-c	17.25a-c	-8.40a	-2.90a	-8.92ef	-5.48f-j	0.77ab	-1.73fg
P2 x C1043	6.42a	-0.15a-c	9.21a-c	1.51a	5.14a	10.42b	26.37c-h	0.43a-d	3.04a
P3 x C1024	-2.78a	0.39a-c	8.56a-c	2.39a	2.22a	-12.56ef	-58.59kl	0.46a-d	1.56ab
P3 x C1042	3.89a	-0.26a-c	-32.11bc	-5.44a	-1.11a	1.78c	6.08d-i	-0.33b-e	-0.91fg
P3 x C1043	-1.11a	-0.13a-c	23.56a-c	3.06a	-1.11a	10.78b	52.52b-d	-0.14a-e	-0.64fg
P4 x C1024	4.94a	0.10a-c	10.99a-c	0.72a	0.43a	0.50c	5.74d-i	-0.12a-e	-0.82fg
P4 x C1042	-7.47a	0.23a-c	-16.97a-c	4.60a	-0.57a	-23.25g	-107.74l	0.02a-e	1.47a-c
P4 x C1043	2.53a	-0.33a-c	5.99a-c	-5.32a	0.14a	22.75a	102.01a	0.1a-e	-0.65fg
P5 x C1024	9.94a	0.98ab	1.65a-c	5.28a	0.10a	8.83b	3.45d-i	0.2a-e	-0.14c-g
P5 x C1042	-9.14a	-0.86bc	-23.64a-c	-8.85a	2.43a	-2.25cd	37.33c-g	0.08a-e	2.81ab
P5 x C1043	-0.81a	-0.12a-c	21.99a-c	3.57a	-2.53a	-6.58de	-40.78i-k	-0.28a-e	-2.67g
P6 x C1024	10.39a	0.08a-c	46.88ab	5.67a	4.10a	-9.50ef	-25.57ij	1.11a	0.38a-e
P6 x C1042	2.64a	0.37a-c	-24.75a-c	7.71a	-6.57a	23.75a	130.53a	-0.33b-e	-1.16fg
P6 x C1043	-13.03a	-0.45a-c	-22.13a-c	-13.38a	2.47a	-14.25f	-104.96l	-0.78c-e	0.78a-d
P7 x C1024	-3.17a	-0.43a-c	-1.24a-c	-1.44a	-0.46a	3.28c	-8.59g-j	-0.89de	-0.08b-g
P7 x C1042	12.08a	0.14a-c	43.14ab	1.26a	2.21a	-1.14cd	0.88e-i	0.18a-e	-0.18d-g
P7 x C1043	-8.92a	0.29a-c	-41.90c	0.18a	-1.75a	-2.14cd	7.71d-i	0.71ab	0.26a-f
P8 x C1024	-11.28a	-1.34c	-13.57a-c	-16.94a	-5.01a	-0.50c	44.49c-f	0.34a-d	-0.69fg
P8 x C1042	10.97a	1.56a	57.14a	17.93a	5.32a	14.08b	61.93bc	0.53a-c	1.56ab
P8 x C1043	0.31a	-0.23a-c	-43.57c	-0.99a	-0.31a	-13.58f	-106.42l	-0.87c-e	-0.87fg
<i>Critical difference</i> ( $\alpha = 5\%$ )	31.82	2.25	84.53	35.47	13.12	5.98	50.44	1.40	2.92

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti dengan huruf sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji T pada taraf 5%

dan rendah x rendah (P4 x C1042). Hasil serupa juga dilaporkan Daryanto *et al.* (2010) bahwa persilangan yang menunjukkan DGK paling tinggi dihasilkan dari pasangan tetua dengan nilai DGU rendah x tinggi. Nilai DGK tinggi juga dapat diperoleh dari pasangan tetua DGU positif x negatif (Rifianto *et al.*, 2013). Persilangan tetua dengan DGU rendah x tinggi yang menghasilkan DGK tinggi menandakan bahwa interaksi gen dominan x aditif menentukan pewarisan sifat yang dikaji (Bagheri dan Jelodar, 2010). Pada kasus dimana nilai DGK tinggi dihasilkan dari persilangan tetua DGU rendah x rendah, mengindikasikan adanya aksi gen komplementer atau interaksi non-alelik berperan dalam pewarisan sifat. Sebaliknya, pada persilangan tetua dengan DGU tinggi x tinggi tetapi menghasilkan nilai DGK rendah, maka interaksi epistasis sangat berperan dalam pewarisan sifat yang dikaji (Tiwari *et al.*, 2011).

#### Heterobeltiosis

Potensi heterobeltiosis dalam penelitian ini teramati pada hampir seluruh karakter pertumbuhan vegetatif, komponen hasil dan hasil, dengan magnitud yang berbeda-

beda pada persilangan yang berbeda. Heterobeltiosis tertinggi teramati pada P7 x C1042 untuk tinggi tanaman, P5 x C1024 untuk diameter batang, P1 x C1042 untuk jumlah cabang dan lebar kanopi, dan P2 x C1043 untuk tinggi dikotomous. (Tabel 4). Potensi heterobeltiosis pada peubah jumlah total buah yang tertinggi adalah hibrida P6 x C1042 yang mencapai 206%; sedangkan untuk bobot total buah, hibrida P2 x C1042 menunjukkan potensi heterobeltiosis tertinggi, yaitu 171% yang diikuti secara berturut-turut oleh P5 x C1042, P6 x C1042, P2 x C1024, dan P2 x C1043 yang memiliki nilai potensi heterobeltiosis yang lebih dari 100%. Potensi heterobeltiosis untuk panjang buah yang terbaik ditunjukkan oleh hibrida P3 x C1024, dan diameter buah oleh hibrida P2 x C1043 (Tabel 4). Nilai heterobeltiosis yang tinggi tersebut disebabkan oleh perbedaan genetik yang cukup besar antara tetua yang disilangkan. Birchler *et al.* (2010) menyebutkan bahwa nilai duga heterosis yang tinggi diperoleh dari persilangan antara tetua yang memiliki kekerabatan jauh. Nilai heterobeltiosis tinggi untuk hasil juga diperoleh peneliti lain (Sood dan Kumar, 2010; Shrestha *et al.*, 2011; Hasanuzzaman *et al.*, 2013; Krishnamurthy *et al.*, 2013). Heterobeltiosis tinggi merupakan salah satu

Tabel 4. Heterobeltiosis karakter pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil pada persilangan cabai merah

Persilangan	Tinggi tanaman	Diameter batang	Jumlah cabang	Diam. kanopi	Tinggi dikotom	Jumlah total buah	Bobot total buah	Panjang buah	Diameter buah
P1 x C1024	3.45	16.86	-27.02	22.01	5.26	37.44	-6.53	-26.34	15.17
P1 x C1042	7.36	16.18	108.64	101.20	-2.76	21.33	-13.99	-43.65	2.36
P1 x C1043	-3.47	-5.58	-11.16	8.78	-1.50	-17.54	-36.08	-35.95	-15.74
P2 x C1024	-2.97	25.53	-44.41	20.92	7.83	98.08	129.40	-0.70	20.02
P2 x C1042	-4.46	12.90	14.01	19.10	-15.86	82.69	171.47	17.18	20.29
P2 x C1043	-5.56	-14.04	-36.27	-11.78	31.53	51.43	128.27	8.60	36.00
P3 x C1024	-27.97	1.43	-15.98	-0.99	-19.05	-35.08	-23.70	20.81	15.55
P3 x C1042	-21.54	-6.56	12.38	-12.56	-25.85	-12.57	-6.60	-1.24	-4.53
P3 x C1043	-26.37	-10.77	-6.17	-6.24	-25.85	1.57	5.68	-2.08	-2.36
P4 x C1024	0.73	-7.50	-23.76	0.74	1.53	21.51	37.37	4.63	2.53
P4 x C1042	-10.58	-5.25	-13.65	17.73	-10.34	-16.28	26.05	-4.58	32.01
P4 x C1043	-11.11	-21.20	-32.75	-21.02	0.76	43.02	52.91	-9.16	-9.44
P5 x C1024	25.43	31.98	-28.01	19.29	7.83	67.33	97.05	-21.22	-7.47
P5 x C1042	8.60	6.44	40.50	34.23	-9.66	118.46	126.11	-19.85	19.32
P5 x C1043	-14.58	-15.58	-25.99	-8.08	4.50	-33.57	49.61	-25.37	-30.97
P6 x C1024	12.24	20.23	-4.24	12.77	9.02	64.36	54.17	16.83	1.22
P6 x C1042	5.31	25.12	9.47	29.59	-22.07	205.62	146.06	-14.47	-3.39
P6 x C1043	-33.33	-15.96	-40.68	-37.64	12.00	-12.86	3.82	-23.30	-24.63
P7 x C1024	12.85	9.30	-17.11	0.00	2.40	72.12	2.08	-0.25	-0.54
P7 x C1042	33.73	17.61	24.06	39.16	-6.21	65.38	25.85	-1.32	6.33
P7 x C1043	-12.85	-4.23	-41.56	-19.86	-0.80	-5.00	-6.86	-2.23	-5.20
P8 x C1024	-19.58	-28.92	-20.51	-28.04	1.60	-13.33	-1.10	7.02	-27.68
P8 x C1042	5.94	4.29	64.84	39.42	8.97	16.97	24.31	0.20	-5.72
P8 x C1043	-12.50	-25.37	-40.38	-22.17	12.80	-55.15	-53.62	-16.92	-35.32

indikator dalam pemilihan tetua dalam perakitan varietas hibrida (Tiwari *et al.*, 2011).

Evaluasi hibrida dapat dilakukan berdasarkan kriteria DGK dan heterobeltiosis. Daya gabung khusus merupakan indikator untuk menilai seberapa baik satu pasangan tetua untuk menghasilkan hibrida dibandingkan dengan hibrida-hibrida lain yang dirakit dari sekelompok tetua yang sama. Sementara itu heterobeltiosis adalah nilai relatif antara peningkatan performa suatu hibrida terhadap tetua terbaiknya. Akan tetapi seleksi berdasarkan DGK akan menghasilkan pasangan persilangan yang berbeda dengan seleksi berdasarkan heterobeltiosis. Hal serupa juga diperoleh peneliti lain (Karasu *et al.*, 2010; Muthuramu *et al.*, 2010). Oleh karena itu, penentuan hibrida terbaik perlu mempertimbangkan DGK dan heterobeltiosis sekaligus (Daryanto *et al.*, 2010; Thangamani *et al.*, 2011). Berdasarkan nilai DGK dan heterobeltiosis, pasangan persilangan yang berpotensi menghasilkan hibrida unggul adalah P6 x C1042, P4 x C1043 dan P8 x C1042.

Pengujian ini dilakukan pada kondisi dengan inokulasi CMV secara manual pada fase kotiledon dan fase daun sejati pertama. Secara umum tanaman tumbuh dengan baik dan hampir seluruh tanaman tidak menunjukkan gejala mosaik CMV hingga panen periode pembungaan pertama selesai. Berdasarkan hasil analisis DGK dan heterobeltiosis tersebut di atas, maka hibrida P6 x C1042, P4 x C1043 dan P8 x C1042 merupakan hibrida harapan berdaya hasil tinggi dan toleran CMV.

## KESIMPULAN

Ragam DGK secara umum lebih tinggi dibandingkan ragam DGU yang mengindikasikan bahwa interaksi gen non-aditif lebih mendominasi pewarisan sebagian besar karakter pertumbuhan vegetatif maupun komponen hasil. Daya gabung umum dan daya gabung khusus sangat bervariasi antar sifat. Di antara galur yang diuji, tidak ada tetua yang dapat digunakan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif. Tetua S1B3A-29-13-47 merupakan tetua terbaik untuk meningkatkan jumlah buah, sedangkan S1B3B-12-13-2 untuk bobot buah per tanaman. Pasangan persilangan S1B3C-16-22-34 x C1042, S1B3B-49-40-6 x C1043, dan S1B3C-34-18-9 x C1042 merupakan pasangan persilangan yang menunjukkan DGK dan heterobeltiosis tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Strategis Nasional - DP2M Dikti tahun 2011. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian Sayuran Lembang atas penyediaan sumber inokulum CMV.

## DAFTAR PUSTAKA

Bagheri, N., N.B. Jelodar. 2010. Heterosis and combining ability analysis for yield and related-yield traits in hybrid rice. *Int. J. Biol.* 2:222-231.

Birchler, J.A., H. Yao, S. Chudalayandi, D. Vaiman, R.A. Veitia. 2010. Heterosis. *Plant Cell* 22:2105-2112.

Chahal, G.S., S.S. Gosal. 2003. Principles and Procedures of Plant Breeding. Biotechnological and Conventional Approaches. Narosa Publ. House. New Delhi.

Daryanto, A., S. Sujiprihati, M. Syukur. 2010. Heterosis dan daya gabung karakter agronomi cabai (*Capsicum annum* L.) hasil persilangan *half diallel*. *J. Agron. Indonesia* 38:113-121.

Fehr, W.R. 1987. Principle of Cultivar Development. Theory and Technique. Vol. I. MacMillan Pub. Co., New York.

Herison, C., S. Winarsih, M. Handayaningsih, Rustikawati. 2010. Introgression of CMV tolerance genes to hybrid parent of hot pepper employing morphological and RAPD marker to identify recurrent parent characteristics in BC2 polulation. p. A174-A180. *In* D. Archbold, M. Reed, J. Paterson, S.E. Widodo, S Nurdjanah, D.H. Pangaribuan (Eds.). Proceeding International Seminar on Horticulture to Support Food Security. Bandar Lampung, June 22-23 2010.

Hasanuzzaman, M., M.A. Hakim, M.M. Hanafi, Abdul Shukor-Juraimi, M.M. Islam, A.K.M. Shamsuddin. 2013. Study of heterosis in Bangladeshi chili (*Capsicum annum* L.) landraces. *Agrociencia* 47:683-690.

Karasu, A., M. Oz, M. Sincik, A.T. Goksoy, Z. M.Turan. 2010. Combining ability and heterosis for yield and yield components in sunflower. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 38:259-264.

Krishnamurthy, S.L., A.M. Rao, K.M. Reddy, S. Ramesh, S. Hittalmani, M.G. Rao. 2013. Limits of parental divergence for the occurrence of heterosis through morphological and AFLP marker in chilli (*Capsicum annum* L.). *Curr. Sci.* 104:738-746.

Mahdy, E.E., M.A. Ali, A.M. Mahmoud. 2011. The effect of environment on combining ability and heterosis of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Asian J. Crop.Sci.* 3:1-5.

Mansour-Gueddes, S.B., N. Tarchoun, S. Rezgui, N. Ziadi. 2014. Combining ability and heritability for capsaicinoid content in field-grown Tunisian hot pepper varieties (*Capsicum annum* L.). *Int. J. Agric. Innov. Res.* 3:678-684.

Muthuramu, S., S. Jebaraj, R. Ushakumari, M. Gnanasekaran. 2010. Estimation of combining ability and heterosis for drought tolerance in different locations in rice (*Oryza sativa* L.). *Electron. J. Plant Breeding* 1:1279-1285.

- Nascimento, I.R., W.R. Maluf, L.D. Gonçalves, M.V. Faria, J.T.V. Resende, D.W. Nogueira. 2010. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. *Acta Sci. Agron.* 32:235-240.
- Nascimento, N.F.F., E.R. Rêgo, M.F. Nascimento, C.H. Bruckner, F.L. Finger and M.M. Rêgo. 2014. Combining ability for yield and fruit quality in the pepper *Capsicum annuum*. *Genet. Mol. Res.* 13:3237-3249.
- Patel, M.P., A.R. Patel, J.B. Patel, J.A. Patel. 2010. Heterosis for green fruit yield and its components in chilli (*Capsicum annuum* var. *longicum* (D.G) Sendt) over environments. *Electron. J. Plant Breed.* 1:1443-1453.
- Rifianto, A., M. Syukur, Trikoesoemaningtyas, Widodo. 2013. Daya gabung hasil dan komponen hasil tujuh galur jagung manis di dua lokasi. *J. Agron. Indonesia* 41:235-241.
- Selvam, Y.A., R. Elangaimannan. 2010. Combining ability analysis for yield and its component traits in Blackgram (*Vigna mungo* L.) Hepper). *Electron. J. Plant Breeding* 1:1386-1391.
- Shrestha, S.L., B.P. Luite, W.H. Kang. 2011. Heterosis and heterobeltiosis studies in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Hort. Environ. Biotech.* 52:278-283.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 1979. *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyani Publ., New Delhi.
- Sood, S., N. Kumar. 2010. Heterotic expression for fruit yield and yield components in intervarietal hybrids of sweet pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* Sendt.). *Sabrao J. Breed. Genet.* 42:105-115.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, Undang. 2010. Diallel analysis using Hayman method to study genetic parameters of yield components in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Hayati J. Biosci.* 17:183-188.
- Tarchoun, N., A. Mougou. 2009. Combining ability and heterosis for earliness flowering and fructification on pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under low night temperature. *Int. J. Plant Breed.* 3:149-153.
- Thangamani, C., L.Pugalendhi, T.Sumathi, C. Kavitha, V. Rajashree. 2011. Estimation of combining ability and heterosis for yield and quality characters in bitter gourd (*Momordica charantia* L.) *Electron. J. Plant Breeding* 2:62-66.
- Tiwari, D.K., P. Pandey, S.P. Giri, J.L. Dwivedi. 2011. Prediction of gene action, heterosis, and combining ability to identify superior rice hybrids. *Int. J. Bot.* 7:126-144.
- Zhou, X., Y. Ma, R. Liu, Z. Zhang, W. Cheng, X. Dai, X. Li, Q. Zhou. 2007. Combining ability analyses of net photosynthesis rate in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agric. Sci. China* 6:159-166.