

Pendugaan Parameter Genetik Populasi Cabai (*Capsicum annuum* L.) Melalui Pengujian F1 Hasil Persilangan Secara *Diallel*

Dedy alfian^{(*)1}, Aslim Rasyad¹, Deviona¹

¹⁾ Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian UNRI
^(*) dedyalfian92@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research were to estimate genetic parameters such as variability, heritability, general combining ability (GCA), and specific combining ability (SCA), of various agronomic traits in chili population through diallel cross. The research was arranged in a randomized complete block design in which 15 hybrids genotypes created by half diallel cross were evaluated with three replications. Seedlings of twenty eight days old was transplanted to a plot of 1 m x 5 m with planting space of 50 x 50 cm. Ten samples were chosen from each plot to obtain plant height, height of stem dichotomous, weight per fruit, fruit length, fruit rind thickness, fruit diameter and fruit weight per plant. Data analyses were performed by analyses of variance and then translated to genetic parameters following the Griffing's methods model IV. The results indicated that the value of GCA and SCA were significant for several characters but not for others. Due to its suitable GCA value, one genotype such as C5 may be selected as one parent to improve agronomic characters such as hastening days to flower and harvest, increased stem diameter, thick fruit pulp, fruit diameter, weight per fruit, and fruit weight per plant. Genotypes C120xC5 and C111xC19 may be utilized to improve stem diameter, thick fruit pulp, fruit diameter, weight per fruit, and fruit weight per plant. Heritability were significant for stem height, dichotomous, stem diameter, fruit length, fruit flesh thickness, fruit diameter, total number of fruits per plant, and fruit weight per plant. Fruit rind thickness, fruit diameter, weight per fruit, and total number of fruits per plant was positively correlated to total fruit weight per plant.

Keywords : Chili breeding, variability, heritability, combining ability

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annuum* L.) di Indonesia merupakan tanaman hortikultura yang mayoritas dimanfaatkan sebagai bumbu masakan. Permintaan cabai di pasar mencapai 2,77 kg/kapita/tahun (Deptan, 2009). Permintaan ini akan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Namun pada saat-saat tertentu produksi cabai tidak mampu memenuhi permintaan pasar. Rendahnya produksi terjadi akibat berbagai faktor, seperti iklim yang kadang-kadang kurang sesuai, dan produktivitas tanaman yang sangat rendah hanya mencapai 6,43 ton per hektar (Badan Pusat Statistik, 2012), padahal produktivitas yang normalnya dapat mencapai lebih dari 20 ton per hektar (Syukur *et al.*, 2010).

Salah satu alternatif untuk meningkatkan produktivitas cabai adalah melalui program pemuliaan tanaman seperti dengan melakukan perakitan hibrida.

Pengembangan hibrida merupakan alternatif baru dalam pemuliaan cabai yang selama ini dilakukan dengan perakitan varietas baru berdaya hasil tinggi dengan program yang butuh waktu yang relatif lama. Pengembangan hibrida dimungkinkan karena system penyerbukan silang pada bunga cabai mencapai lebih dari 35 % (Syukur, *et al.*, 2011). Selain itu dari satu buah cabe hasil persilangan mampu menghasilkan biji yang jumlahnya sangat banyak.

Langkah awal untuk perakitan hibrida adalah mempelajari parameter-parameter genetik dari calon tetua dan mencari pasangan-pasangan tetua yang mampu menghasilkan hibrida berdaya hasil tinggi. Adapun parameter genetik yang diperlukan tersebut adalah heritabilitas, keragaman genetik, daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK). Pada saat ini sangat banyak genotipe-genotipe cabai yang terdapat di Indonesia, tetapi belum diketahui secara pasti sifat-sifat dan pola pewarisannya. Sifat kuantitatif pada tanaman dikendalikan oleh banyak gen, sehingga sangat menentukan besarnya nilai parameter pada suatu populasi (Syukur *et al.*, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk menduga parameter genetik berupa variabilitas, heritabilitas, daya gabung umum, dan daya gabung khusus berbagai karakter agronomi pada populasi cabai melalui persilangan *diallel*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di Institut Pertanian Bogor. Percobaan lapangan untuk mengamati tanaman F1 dilaksanakan pada bulan Oktober 2012 sampai dengan bulan Maret 2013. Proses penyemaian dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Lokasi penelitian pada Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, yang berada pada ketinggian ± 190 m dpl.

Bahan tanaman yang digunakan adalah 15 genotipe F1 hasil persilangan *diallel* dari 6 tetua yang sebelumnya dilakukan oleh M. Syukur dan M. Ridha Alfarabi Istiqlal pada tahun 2012. Desain di lapangan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dimana 15 genotipe cabai ditanam pada plot yang berukuran 5 m x 1 m dengan jarak tanam 50 cm x 50 cm. Petak percobaan ditutup dengan plastik hitam perak sebelum penanaman. Bibit dipindah ke lapangan setelah memiliki 4 helai daun dewasa atau berumur 8 minggu di pesemaian. Pemupukan dilakukan setiap seminggu sekali dalam bentuk larutan 10 g NPK mutiara per liter air. Pengendalian organisme pengganggu tanaman menggunakan fungisida Antracol 70WP dan Dithane M-45 80WP, serta insektisida Curacron 500 EC.

Pengamatan terdiri dari karakter kuantitatif yang mengacu pada *Descriptors for Capsicum* (IPGRI, 1995) meliputi tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, lebar tajuk, umur berbunga, umur panen, tebal daging buah, diameter buah, panjang buah, bobot per buah, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman.

Analisis ragam untuk mengolah data yang diperoleh menggunakan program SAS Version 9.00 (SAS User Manual, 2004). Pendugaan parameter genetik mengikuti metode Griffing model IV yang hanya melibatkan setengah *diallel*. Model aditif linier percobaan yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \dots\dots \text{diimana:}$$

Y_{ij} = Respon pengamatan genotipe ke-i, kelompok ke-j

μ = Nilai tengah populasi

α_i = Pengaruh genotipe ke-i ($i=1,2,3,\dots,15$)

β_j = Pengaruh kelompok ke-j ($j=1,2,3$)

ε_{ij} = Pengaruh galat percobaan genotipe ke-i, kelompok ke-j

Untuk melihat perbedaan *trait* antara genotipe dilakukan uji berganda *Duncan* pada taraf 5 %. Selanjutnya untuk menentukan komponen keragaman dan heritabilitas terlebih dahulu kuadrat tengah pada analisis ragam diterjemahkan menjadi kuadrat tengah harapan (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Analisis Ragam dan Kuadrat Tengah Harapan dari Sifat yang Diamati pada Tanaman Cabai (Singh and Chaudary, 1979)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan
Kelompok	r-1		
Persilangan	p-1	KT2	$\sigma_g^2 + r \sigma_c^2$
Galat	(r-1)(p-1)	KT1	σ_e^2
Total	(p.r)-1		

Tabel 2. Analisis Ragam dan Kuadrat Tengah Harapan Daya Gabung Umum dan Daya Gabung Khusus dari Sifat yang Diamati (Singh and Chaudary, 1979)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan
Kelompok	r-1		
DGU	n-1	KT21	$\sigma_g^2 + \sigma_{DGK}^2 + (n-2) \sigma_{DGU}^2$
DGK	n(n-3)/2	KT22	$\sigma_g^2 + \sigma_{DGK}^2$
Galat	(r-1)(p-1)	KT _e	$\sigma_e^2/3$

Kuadrat tengah harapan yang didapatkan dikonversikan menjadi beberapa komponen keragaman yaitu, ragam genetik, ragam lingkungan, ragam fenotipik, ragam daya gabung umum, ragam daya gabung khusus, ragam aditif, dan ragam dominan, dengan jalan berikut :

$$\sigma_G^2 = \frac{KT2 - KT1}{r}$$

$$\sigma_P^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

$$\sigma_{DGU}^2 = \frac{KT21 - KT22}{(n-2)}$$

$$\sigma_{DGK}^2 = KT22 - KT_e$$

$$\sigma_A^2 = 2(\sigma_{DGU}^2)$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_{DGK}^2$$

Keterangan :

σ_G^2 = Ragam genetik

σ_P^2 = Ragam fenotipik

σ_{DGU}^2 = Ragam daya gabung umum

σ_{DGK}^2 = Ragam daya gabung khusus

σ_A^2 = Ragam aditif

σ_D^2 = Ragam dominan

Untuk menentukan apakah variabilitas genetik maupun fenotipik berbeda dengan nol, nilai dugaannya dibandingkan dengan nilai *standard error* seperti dikutip dalam Pinaria, *et al.* (1995).

$$SE_{\sigma_G^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left\{ \frac{KT2^2}{db_G + 2} + \frac{KT1^2}{db_e + 2} \right\}}$$

$$SE_{\sigma_P^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left\{ \frac{KT2^2}{db_G + 2} \right\}}$$

Variabilitas genetik dinyatakan luas apabila $\sigma^2_G \geq 2(SE_{\sigma^2_G})$ dan sempit bila $\sigma^2_G < 2(SE_{\sigma^2_G})$, demikian pula dengan variabilitas fenotipik, dinyatakan luas bila $\sigma^2_P \geq 2(SE_{\sigma^2_P})$, dan sempit bila $\sigma^2_P < 2(SE_{\sigma^2_P})$.

Nilai duga heritabilitas dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$h^2_{bs} = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

Keterangan :

h^2_{bs} = Heritabilitas dalam arti luas

σ^2_G = Ragam genetik

σ^2_P = Ragam fenotipik

Untuk menentukan apakah nilai heritabilitas berbeda dengan nol dibandingkan dengan nilai *standard error*. *Standard error* untuk heritabilitas ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$SE_h = \frac{SE_{\sigma^2_G}}{\sigma^2_P}$$

Keterangan :

SE_h = *Standard error* heritabilitas

$SE_{\sigma^2_G}$ = *Standard error* ragam genetik

σ^2_P = Ragam fenotipik

Heritabilitas dinyatakan tinggi atau besar dari nol bila $h^2_{bs} \geq 2(SE_h)$, dan rendah atau sama dengan nol bila $h^2_{bs} < 2(SE_h)$ (Hanson, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan

Hasil pengamatan terhadap karakter agronomis kunci tanaman cabai yang terdiri dari vegetatif dan komponen hasil dianalisis dengan menentukan nilai tengah dan kesalahan bakunya. Hasil pengamatan karakter tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, lebar tajuk, umur berbunga, dan umur panen dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata genotipe untuk karakter tinggi tanaman berkisar antara 47,44 cm sampai 66,32 cm dengan nilai tengah populasi 57,21 cm dan kesalahan baku 1,35. Genotipe yang memiliki nilai tinggi tanaman terbesar yaitu C159xC2 dan yang memiliki nilai terendah yaitu C111xC19. Berdasarkan perspektif pemuliaan tanaman untuk karakter tinggi tanaman cabai maka yang dipilih tanaman yang tinggi. Hasil penelitian Pranita (2007) menyatakan bahwa tinggi tanaman berkorelasi positif dengan produksi per tanaman, bobot per hektar, bobot batang, dan bobot akar. Tinggi dikotomus berkisar antara 22,48 cm sampai 33,84 cm dengan nilai tengah populasi 27,89 cm dan kesalahan baku 0,62. Genotipe yang memiliki nilai tinggi dikotomus terbesar yaitu C159xC111, sedangkan genotipe yang memiliki nilai tinggi dikotomus terkecil yaitu C111xC5. Kirana dan Sofiari (2007), yang menyatakan bahwa semakin tinggi dikotomus, maka buah cabai makin jauh jarak dengan tanah sehingga dapat mengurangi percikan air dari tanah yang merupakan sumber infeksi cendawan. Rata-rata diameter batang berkisar antara 5,48 mm sampai 8,68 mm dengan nilai tengah populasi 6,86 mm dan kesalahan baku 0,24. Genotipe yang memiliki diameter batang terbesar yaitu C120xC5 dan diameter batang terkecil adalah C159xC19.

Genotipe yang menunjukkan tajuk terluas yaitu C159xC2 yaitu 71,61 cm dan tajuk tersempit C19xC5 yaitu 52,30 cm. Lebar tajuk mempengaruhi jumlah populasi dan proses fotosintesis pada tanaman. Mastaufan (2011) membenarkan bahwa lebar tajuk akan mempengaruhi efisiensi penentuan populasi tanaman tiap hektarnya. Nilai tengah umur berbunga berkisar antara 24,67 HST sampai 32,67 HST dengan nilai tengah 28,36 HST dan kesalahan baku 0,76. Umur berbunga yang paling cepat yaitu genotipe C111xC2 dan yang paling lama yaitu genotipe C19xC2. Berdasarkan analisis statistik, genotipe yang diteliti memiliki umur berbunga relatif sama. Pada karakter umur panen genotipe yang umur panennya lebih cepat yaitu C111xC2 dan yang umur panennya lama yaitu C120xC2. Rerata genotipe karakter umur panen berkisar antara 70,33 HST sampai 83,00 HST dengan nilai tengah 77,64 HST dan kesalahan baku 1,14.

Tabel 3. Rata-Rata, Nilai Tengah, dan Kesalahan Baku Tinggi Tanaman, Tinggi Dikotomus, Diameter Batang, Lebar Tajuk, Umur Berbunga, dan Umur Panen dari F1 Hasil Persilangan *Diallel* Enam Tetua

No.	Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Tinggi Dikotomus (cm)	Diameter Batang (mm)	Lebar Tajuk (cm)	Umur Berbunga (HST)	Umur Panen (HST)
1	C159xC120	64,81 ^a	22,78 ^{fg}	7,33 ^{abcd}	70,88	27,33	80,67 ^a
2	C159xC111	61,52 ^a	33,84^a	6,86 ^{bcd}	64,26	26,33	77,00 ^{abc}
3	C159xC19	57,97 ^a	29,25 ^{bcd}	5,48^e	62,59	30,00	83,00 ^a
4	C159xC5	59,27 ^{ab}	25,68 ^{efg}	8,00 ^{ab}	61,67	29,00	78,00 ^{abc}
5	C159xC2	66,32^a	30,28 ^{abcd}	7,50 ^{abcd}	71,61	30,00	82,00 ^a
6	C120xC111	60,67 ^{ab}	33,68 ^{ab}	6,11 ^{cde}	64,30	27,33	78,00 ^{abc}
7	C120xC19	64,82 ^a	31,68 ^{abc}	6,44 ^{bcd}	71,05	30,33	77,00 ^{abc}
8	C120xC5	56,74 ^{abcd}	27,19 ^{cdef}	8,68^a	61,55	26,33	80,00 ^{ab}
9	C120xC2	65,49 ^a	28,23 ^{cde}	7,68 ^{abc}	65,48	27,33	82,33 ^a
10	C111xC19	47,44^d	22,60 ^g	6,82 ^{bcd}	55,14	30,33	77,00 ^{abc}
11	C111xC5	48,70 ^{cd}	22,48^g	6,50 ^{bcd}	56,69	28,67	75,00 ^{abc}
12	C111xC2	56,59 ^{abcd}	31,37 ^{abc}	5,89 ^{cde}	54,98	24,67	70,33^e
13	C19xC5	48,28 ^{cd}	25,86 ^{defg}	6,83 ^{bcd}	52,30	28,67	71,33 ^c
14	C19xC2	51,43 ^{bcd}	28,36 ^{cde}	5,74 ^{de}	58,35	32,67	81,33 ^a
15	C5xC2	48,08 ^{cd}	25,13 ^{efg}	7,04 ^{abcde}	57,61	26,33	71,67 ^{bc}
Nilai tengah		57,21	27,89	6,86	61,90	28,36	77,64
Kesalahan baku		1,35	0,62	0,24	2,28	0,76	1,14

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan* ($P \leq 0.05$)

Hasil pengamatan karakter buah dan komponen hasil disajikan pada Tabel 4. Karakter buah meliputi, panjang buah, diameter buah, tebal daging buah, dan bobot per buah, sedangkan komponen hasil meliputi, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman. Panjang buah berkisar antara 11,84 cm sampai 22,09 cm dengan nilai tengah populasi 14,96 cm dan kesalahan baku 0,54. Genotipe C120xC111 memiliki buah terpanjang dan genotipe C111xC5 memiliki buah yang paling pendek. Rata-rata diameter buah berkisar antara 7,04 mm sampai 21,39 mm dengan nilai tengah 12,58 mm dan kesalahan baku 0,29. Genotipe yang memiliki diameter buah paling besar yaitu C19xC5 dan diameter terkecil yaitu C120xC111. Nilai tengah populasi untuk karakter tebal daging buah yaitu 1,66 cm dengan kesalahan baku 0,05, sementara

kisaran antara 1,22 mm sampai 2,20 mm. Daging buah tertebal terdapat pada genotipe C19xC5 dan daging buah tertipis pada genotipe C159xC111.

Tabel 4. Rata-Rata, Nilai Tengah, dan Kesalahan Baku Beberapa Karakter Buah dan Komponen Hasil dari F1 Hasil Persilangan *Diallel* Enam Tetua.

No.	Genotipe	Panjang Buah (cm)	Diameter Buah (mm)	Tebal Daging Buah (mm)	Bobot Per Buah (g)	Jumlah Buah Total Per Tanaman	Bobot Buah Total Per Tanaman (g)
1	C159xC120	17,80 ^{bc}	8,34 ^{ef}	1,37 ^{def}	4,42 ^{fg}	118,16^a	236.60 ^{ab}
2	C159xC111	12,17 ^d	7,15 ^f	1,22 ^f	3,12 ^g	74,51 ^{bc}	111.20 ^{cd}
3	C159xC19	14,03 ^{cd}	11,21 ^{cd}	1,72 ^{bcd}	5,54 ^{def}	33,60 ^{cd}	85.10 ^d
4	C159xC5	13,56 ^d	11,76 ^{cd}	1,53 ^{cdef}	6,73 ^{cde}	79,16 ^b	232.00 ^{abc}
5	C159xC2	13,84 ^{cd}	10,14 ^{de}	1,43 ^{cdef}	5,40 ^{ef}	65,58 ^{bcd}	126.98 ^{bcd}
6	C120xC111	22,09^a	7,04 ^f	1,28 ^{ef}	4,14 ^{fg}	59,17 ^{bcd}	138.67 ^{bcd}
7	C120xC19	17,84 ^{bc}	12,77 ^c	1,64 ^{cde}	7,89 ^c	36,29 ^{cd}	158.20 ^{bcd}
8	C120xC5	14,30 ^{cd}	17,00 ^b	2,05 ^{ab}	10,03 ^b	67,70 ^{bcd}	313.07^a
9	C120xC2	18,39 ^b	12,01 ^{cd}	1,60 ^{cdef}	7,15 ^{cd}	73,39 ^{bc}	212.38 ^{abc}
10	C111xC19	12,69 ^d	12,53 ^c	1,77 ^{bc}	6,72 ^{cde}	55,22 ^{bcd}	159.82 ^{bcd}
11	C111xC5	11,84 ^d	12,45 ^c	1,70 ^{bcd}	6,64 ^{cde}	60,17 ^{bcd}	173.65 ^{bcd}
12	C111xC2	14,41 ^{cd}	11,22 ^{cd}	1,79 ^{bc}	6,45 ^{cde}	48,36 ^{bcd}	151.15 ^{bcd}
13	C19xC5	13,94 ^{cd}	21,39^a	2,20^a	12,94^a	33,77 ^{cd}	193.97 ^{bcd}
14	C19xC2	13,33 ^d	13,32 ^c	1,57 ^{cdef}	7,40 ^c	29,17 ^d	122.90 ^{bcd}
15	C5xC2	14,15 ^{cd}	20,35 ^a	2,03 ^{ab}	12,65 ^a	39,09 ^{bcd}	229.43 ^{abc}
Nilai tengah		14.96	12,58	1,66	7,15	58,22	176,34
Kesalahan baku		0.54	0,29	0,05	0,23	5,55	0,23

Keterangan : Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DNMRT ($P \leq 0.05$)

Bobot per buah tertinggi dimiliki oleh genotipe C19xC5 dan terendah dimiliki oleh genotipe C159xC111. Rata-rata genotipe bobot per buah berkisar antara 3,12 g sampai 12,65 g dengan nilai tengah populasi 7,15 g dan kesalahan baku 0,23. Hasil penelitian Istiqlal (2011) menyatakan bahwa tebal daging buah, panjang buah, dan diameter buah berkorelasi positif dengan bobot per buah dan bobot buah layak pasar. Rata-rata jumlah buah total per tanaman berkisar antara 29,17 sampai 118,16 dengan nilai tengah populasi 58,22 dan kesalahan baku 5,55. Genotipe yang memiliki jumlah buah terbanyak adalah C159xC120 dan jumlah buah yang paling sedikit adalah C19xC2. Nilai rata-rata genotipe pada karakter bobot buah total per tanaman yang dapat dilihat pada Tabel 7 berkisar antara 85,10 g sampai 313,07 g dengan nilai tengah populasi 176,34 g dan kesalahan baku 0,23. Hasil pengamatan karakter ini memberikan indikasi bahwa variasi bobot buah total per tanaman cukup besar diantara genotipe yang diteliti. Genotipe C120xC5 memiliki bobot buah total per tanaman yang tertinggi sementara genotipe C159xC19 memiliki bobot buah total terendah.

Variabilitas

Analisis ragam yang dilakukan pada semua karakter kuantitatif menunjukkan bahwa tinggi tanaman, tinggi dikotomus, panjang buah, diameter buah, tebal daging buah, bobot per buah dan jumlah buah total per tanaman berbeda sangat nyata antar genotipe. Diameter batang, umur panen, dan bobot buah total per tanaman berbeda nyata antar genotipe sementara lebar tajuk dan umur berbunga tidak berbeda antar genotipe (Tabel 5).

Variabilitas atau keragaman pada populasi tanaman memiliki arti penting pada pemuliaan tanaman. Besar kecilnya variabilitas dan tinggi rendahnya rata-rata populasi yang digunakan sangat menentukan keberhasilan program pemuliaan tanaman (Mangoendidjojo, 2003). Variabilitas fenotipik merupakan jumlah dari ragam genetik dan ragam lingkungan. Variabilitas genetik merupakan nilai yang harus diketahui sebelum menetapkan metode seleksi yang akan dilakukan dan waktu pelaksanaan metode seleksi tersebut (Poespodarsono, 1988). Hasil pendugaan nilai variabilitas genetik dan variabilitas fenotipik berbagai karakter cabai dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel. 5 Rekapitulasi Kuadrat Tengah Genotipe untuk Karakter yang Diamati dari Tanaman Cabai

Karakter	Kuadrat Tengah	Koefisien Keragaman (%)
Tinggi tanaman (cm)	143,11 ^{**}	9,11
Tinggi dikotomus (cm)	43,65 ^{**}	8,64
Diameter batang (mm)	2,33 [*]	13,41
Lebar tajuk (cm)	112,96 ^{ns}	14,26
Umur berbunga (HST)	13,16 ^{ns}	10,35
Umur panen (HST)	50,45 [*]	5,66
Panjang buah (cm)	23,76 ^{**}	14,11
Diameter buah (mm)	52,92 ^{**}	8,93
Tebal daging buah (mm)	0,24 ^{**}	12,23
Bobot per buah (g)	24,03 ^{**}	12,35
Jumlah buah total per tanaman	1.645,06 ^{**}	36,92
Bobot buah total per tanaman (g)	10.795,26 [*]	35,31

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf 5%, ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1%, ^{ns} = tidak berbeda nyata.

KT = Kuadrat tengah, KK = Koefisien keragaman

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, karakter diameter batang, lebar tajuk, umur berbunga, umur panen, dan bobot buah total per tanaman yang memiliki variabilitas fenotipik luas tetapi memiliki variabilitas genetik sempit. Hal ini menunjukkan bahwa karakter tersebut lebih besar dipengaruhi dari ragam lingkungan dibanding dengan ragam genetik, sehingga sifat-sifat ini kurang baik untuk dijadikan sebagai kriteria seleksi. Sedangkan karakter tinggi tanaman, tinggi dikotomus, panjang buah, diameter buah, tebal daging buah, bobot per buah, dan jumlah buah total per tanaman memiliki variabilitas fenotipik dan variabilitas genetik yang luas. Hal ini menyatakan bahwa penampilan fenotipe karakter tersebut lebih besar dipengaruhi oleh ragam genetik dan sangat berpotensi untuk digunakan sebagai kriteria seleksi dalam suatu program pemuliaan tanaman. Karakter yang memiliki variabilitas genetik luas akan memberikan peluang yang lebih besar untuk mendapatkan genotipe hasil seleksi dengan karakter

terbaik. Hallauer (1981) menguatkan bahwa efektivitas seleksi sangat bergantung pada besarnya nilai ragam genetik pada bahan yang diseleksi.

Tabel 6. Variabilitas Fenotipik, Variabilitas Genetik dan Kesalahan Baku Dari Berbagai Karakter yang Diamati pada Tanaman Cabai

Karakter	σ_P^2	σ_P	σ_G^2	σ_G
Tinggi tanaman (cm)	65,83*	16,87	38,64*	17,03
Tinggi dikotomus (cm)	18,42*	5,14	12,61*	5,17
Diameter batang (mm)	1,34*	0,28	0,50	0,28
Lebar tajuk (cm)	89,60*	13,31	11,68	14,91
Umur berbunga (HST)	10,13*	1,55	1,52	1,72
Umur panen (HST)	29,71*	5,95	10,37	6,17
Panjang buah (cm)	10,89*	2,80	6,43*	2,83
Diameter buah (mm)	18,48*	6,24	17,22*	6,24
Tebal daging buah (mm)	0,11*	0,03	0,07*	0,03
Bobot per buah (g)	8,53*	2,83	7,75*	2,83
Jumlah buah total per tanaman	856,39*	193,87	394,34*	197,91
Bobot buah total per tanaman (g)	6.183,14*	1.272,23	2.306,06	1.315,27

Keterangan : *Keragaman berbeda dengan 0 pada $p \leq 0.05$ maka dinyatakan luas

Heritabilitas

Dalam penelitian ini, nilai heritabilitas dianggap tinggi atau signifikan jika nilainya lebih besar atau sama dengan dua kali *standard error*-nya. Dugaan nilai heritabilitas yang dihitung ini adalah heritabilitas dalam arti luas dan disajikan pada Tabel 7. Karakter yang nilai heritabilitasnya berbeda dengan nol atau dikategorikan tinggi yaitu tinggi dikotomus, diameter batang, panjang buah, tebal daging buah, diameter buah, jumlah buah total per tanaman dan bobot buah per tanaman. Sedangkan karakter yang memiliki nilai heritabilitas rendah yaitu lebar tajuk, umur berbunga, umur panen, dan bobot per buah.

Tabel 7. Nilai Heritabilitas (h_{bs}^2) dan *Standard Error* (SE_h) berbagai Karakter yang Diamati Dari Populasi Cabai Beserta Kriterianya

Karakter	h_{bs}^2	SE_h	Kriteria
Tinggi tanaman (cm)	0,15	0,17	Rendah
Tinggi dikotomus (cm)	0,59	0,26	Tinggi
Diameter batang (mm)	0,68	0,28	Tinggi
Lebar tajuk (cm)	0,37	0,21	Rendah
Umur berbunga (HST)	0,13	0,17	Rendah
Umur panen (HST)	0,35	0,21	Rendah
Panjang buah (cm)	0,91	0,33	Tinggi
Diameter buah (mm)	0,93	0,34	Tinggi
Tebal daging buah (mm)	0,59	0,26	Tinggi
Bobot per buah (g)	0,37	0,21	Rendah
Jumlah buah total per tanaman	0,62	0,26	Tinggi
Bobot buah total per tanaman (g)	0,46	0,23	Tinggi

Keterangan : h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas, SE_h = *standard error* heritabilitas

Ariani (2009) menyebutkan bahwa karakter produksi cenderung memiliki nilai heritabilitas yang rendah karena dikendalikan oleh banyak gen yang masing-masing ada kontribusi faktor lingkungan. Hal tersebut tidak terjadi dalam penelitian ini dimana karakter komponen produksi memiliki heritabilitas tinggi, yaitu panjang buah, tebal daging buah, diameter buah, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman.

Karakter yang memiliki heritabilitas dengan kriteria tinggi akan lebih mudah untuk mencapai tujuan seleksi yang diinginkan dan waktu yang diperlukan untuk pencapaiannya akan semakin cepat. Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa karakter panjang buah dan diameter buah memiliki kriteria tinggi dengan nilai 0.91 dan 0.93. Maka dengan nilai tersebut waktu pencapaian tujuan seleksi yang diinginkan akan lebih cepat. Pada karakter bobot buah total per tanaman walaupun memiliki heritabilitas dengan kriteria tinggi yaitu 0.46, namun membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai tujuan seleksinya. Hal ini disebabkan nilai heritabilitas bobot buah per tanaman lebih kecil dibandingkan dengan nilai heritabilitas panjang buah dan diameter buah. Semakin besar heritabilitas maka akan semakin cepat mencapai tujuan seleksi (Hallauer dan Miranda, 1981).

Daya Gabung Umum dan Daya Gabung Khusus

Parameter genetik yang ditentukan dalam penelitian ini adalah daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) diantara genotipe yang diuji. Pendugaan daya gabung menggunakan metode IV dimana hanya F1 hasil persilangan saja yang diamati tampilannya tanpa mengikutkan *selfed* dan resiprokalnya.

Tabel 8. Rekapitulasi Sidik Ragam Nilai DGU dan DGK

No.	Karakter	Kuadrat Tengah	
		DGU	DGK
1	Tinggi tanaman (cm)	114,08 ^{**}	10,83 ^{ns}
2	Tinggi dikotomus (cm)	11,66 ^{**}	16,16 ^{**}
3	Diameter batang (mm)	1,28 ^{**}	0,48 ^{ns}
4	Lebar tajuk (cm)	85,86 [*]	10,86 ^{ns}
5	Umur berbunga (HST)	7,15 ^{ns}	2,85 ^{ns}
6	Umur panen (HST)	26,04 ^{**}	11,69 ^{ns}
7	Tebal daging buah (mm)	0,17 ^{**}	0,03 [*]
8	Panjang buah (cm)	15,84 ^{**}	3,52 [*]
9	Diameter buah (mm)	44,11 ^{ns}	2,93 ^{**}
10	Bobot per buah (g)	19,97 ^{**}	1,36 ^{**}
11	Jumlah buah total per tanaman	1.123,96 ^{**}	228,02 ^{ns}
12	Bobot buah total per tanaman (g)	7.831,44 ^{**}	1.246,74 ^{ns}

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf 5%, ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1%, ^{ns} = tidak berbeda nyata

Kuadrat tengah pada analisis ragam DGU persilangan *diallel* enam galur cabai berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, umur panen, tebal daging buah, panjang buah, bobot per buah, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman, serta berbeda nyata terhadap lebar tajuk, tapi tidak nyata untuk umur berbunga dan diameter buah (Tabel 8). Nilai kuadrat tengah analisis ragam DGK persilangan *diallel* enam galur cabai hanya berpengaruh nyata

terhadap tinggi dikotomus, tebal daging buah, panjang buah, diameter buah, dan bobot per buah tapi tidak nyata untuk karakter lainnya. Nilai DGU yang nyata menunjukkan bahwa komponen ragam genetik yang berpengaruh terhadap penampakan karakter-karakter tersebut adalah ragam aditif. Sedangkan nilai DGK yang nyata menunjukkan bahwa ekspresi karakter pada suatu persilangan adalah hasil interaksi kedua tetua yang terlibat dalam persilangan tersebut karena adanya aksi gen dominan.

Tabel 9. Nilai Daya Gabung Umum dan Daya Gabung Khusus Karakter Vegetatif, Umur Berbunga, dan Umur Panen.

Genotipe	Tinggi Tanaman	Tinggi Dikotomus	Diameter Batang	Lebar Tajuk	Umur Berbunga	Umur Panen
DGU						
C159	5,96	0,59	0,22	5,38	0,22	3,11
C120	6,62	1,02	0,48	5,94	-0,78	2,44
C111	-2,78	1,13	-0,53	-3,53	-1,11	-2,72
C19	-4,03	-0,43	-0,75	-2,51	2,56	0,36
C5	-6,24	-3,28	0,69	-4,91	-0,69	-3,06
C2	0,47	0,98	-0,12	-0,37	-0,19	-0,14
DGK						
C159xC120	-4,98	-6,72	-0,23	-2,34	-0,47	-2,53
C159xC111	1,13	4,23	0,31	0,51	-1,13	-1,03
C159xC19	-1,17	1,20	-0,85	-2,17	-1,13	1,88
C159xC5	2,35	0,48	0,23	-0,69	1,12	0,30
C159xC2	2,68	0,82	0,54	4,70	1,62	1,38
C120xC111	-0,38	3,64	-0,70	-0,01	0,87	0,63
C120xC19	5,02	3,20	-0,16	5,72	0,20	-3,45
C120xC5	-0,85	1,56	0,65	-1,37	-0,55	2,97
C120xC2	1,19	-1,66	0,45	-2,00	-0,05	2,38
C111xC19	-2,96	-5,99	1,23	-0,71	0,53	1,72
C111xC5	0,52	-3,25	-0,52	3,23	2,12	3,13
C111xC2	1,70	1,38	-0,33	-3,02	-2,38	-4,45
C19xC5	1,34	1,67	0,03	-2,17	-1,55	-3,62
C19xC2	-2,22	-0,08	-0,26	-0,67	1,95	3,47
C5xC2	-3,35	-0,45	-0,40	0,99	-1,13	-2,78

Karakter vegetatif meliputi tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, dan lebar tajuk. Memperhatikan karakter vegetatif, umur berbunga dan umur panen pada Tabel 9, nilai DGU dan DGK memiliki variasi yang tinggi. Tetua C5 memiliki nilai DGU terbaik untuk menghasilkan tanaman yang rendah, dikotomus rendah, diameter batang besar, tajuk sempit dan umur panen cepat. Untuk mendapatkan tanaman yang tinggi, tajuk yang luas, umur berbunga cepat, maka salah satu tetua yang dapat digunakan yaitu C120. Sedangkan tetua C111 memiliki DGU terbaik untuk menghasilkan dikotomus yang tinggi.

Genotipe C111xC2 memiliki nilai DGK tertinggi dengan tanda minus pada beberapa karakter yaitu lebar tajuk, umur berbunga, dan umur panen. Hasil ini menyatakan jika ingin mendapatkan tanaman dengan tajuk sempit, umur berbunga cepat, dan umur panen cepat hibrida yang cocok adalah persilangan antara C111 dengan

C2. Untuk mendapatkan tanaman yang rendah dan dikotomus rendah maka dapat dipilih persilangan antara C159 dengan C120. Sedangkan persilangan antara C120 dengan C19 nilai DGK-nya terbaik untuk mendapatkan tanaman yang tinggi dan persilangan antara C159 dengan C111 untuk menghasilkan dikotomus yang tinggi. Pada diameter batang, nilai DGK terbaik untuk menghasilkan batang berdiameter besar adalah persilangan antara C111 dengan C19 dan nilai DGK terbaik untuk menghasilkan batang berdiameter kecil adalah persilangan C159 dengan C19.

Tabel 10. Nilai Daya Gabung Umum dan Daya Gabung Khusus Karakter Buah dan Komponen Hasil

Genotipe	Tebal Daging Buah	Panjang Buah	Diameter Buah	Bobot Per Buah	Jumlah Buah Total Per Tanaman	Bobot Buah Total Per Tanaman
DGU						
C159	-0,25	-0,85	-3,57	-2,63	19,97	-22,46
C120	-0,09	3,91	-1,44	-0,53	15,90	44,30
C111	-0,14	-0,40	-3,12	-2,17	1,58	-36,80
C19	0,15	-0,74	2,08	1,19	-25,77	-40,43
C5	0,30	-1,75	5,01	3,31	-2,81	65,10
C2	0,03	-0,17	1,04	0,83	-8,88	-9,72
DGK						
C159xC120	0,06	-0,21	0,77	0,43	24,06	38,42
C159xC111	-0,05	-1,54	1,27	0,77	-5,27	-5,88
C159xC19	0,17	0,66	0,12	-0,16	-18,83	-28,36
C159xC5	-0,18	1,20	-2,26	-1,10	3,77	13,01
C159xC2	0,00	-0,10	0,09	0,06	-3,73	-17,19
C120xC111	-0,16	3,62	-0,98	-0,31	-16,53	-45,17
C120xC19	-0,08	-0,29	-0,46	0,08	-12,07	-22,02
C120xC5	0,17	-2,81	0,84	0,10	-3,62	27,32
C120xC2	0,00	-0,31	-0,17	-0,30	8,15	1,45
C111xC19	0,09	-1,12	1,00	0,55	21,19	60,71
C111xC5	-0,13	-0,97	-2,02	-1,65	3,17	-30,99
C111xC2	0,23	0,02	0,73	0,64	-2,56	21,33
C19xC5	0,09	1,47	1,72	1,29	4,12	-7,04
C19xC2	-0,27	-0,72	-2,38	-1,76	5,59	-3,30
C5xC2	0,04	1,11	1,72	1,36	-7,44	-2,30

Nilai DGU dan DGK pada karakter buah dan komponen hasil dapat dilihat pada Tabel 10. Karakter buah meliputi tebal daging buah, panjang buah, diameter buah dan bobot per buah, sedangkan komponen hasil meliputi jumlah buah total per tanaman dan bobot buah total per tanaman. Tetua C159 memiliki potensi untuk menjadi salah satu tetua pada F1 untuk menghasilkan jumlah buah total per tanaman yang banyak, daging buah tipis, dan buah berdiameter kecil. Tetua C5 memiliki nilai DGU terbaik untuk mendapatkan daging buah tebal, buah pendek, diameter buah besar, bobot per buah yang tinggi, dan bobot buah total per tanaman yang tinggi. Sedangkan untuk

mendapatkan buah yang panjang salah satu tetua yang cocok untuk hibrida adalah C120.

Persilangan yang memiliki nilai DGK terbaik untuk mendapatkan daging buah yang tebal adalah C111 dengan C2 dan terbaik untuk mendapatkan daging buah yang tipis adalah C19 dengan C2. Hibrida yang berpotensi untuk menghasilkan buah yang panjang adalah persilangan antara C120 dengan C111 dan untuk menghasilkan buah yang pendek hibrida yang sesuai adalah persilangan antara C120 dengan C5. Sedangkan untuk mendapatkan diameter buah besar hibrida yang cocok adalah persilangan antara C19 dengan C5 dan C5 dengan C2. Tetapi jika menginginkan hibrida yang menghasilkan buah berdiameter kecil persilangan yang dapat dipilih adalah C19 dengan C2. Genotipe yang memiliki nilai DGK terbaik untuk menghasilkan bobot per buah tertinggi adalah persilangan antara C5 dengan C2. Pada karakter komponen hasil, nilai DGK terbaik untuk mendapatkan hibrida dengan jumlah buah total per tanaman yang banyak dan tingginya bobot buah total per tanaman maka masing-masingnya dapat dipilih persilangan antara C159 dengan C120 dan C111 dengan C19.

Komponen Ragam Genetik

Ragam genetik merupakan komponen dari ragam aditif dan ragam non aditif. Ragam non aditif dihasilkan oleh aksi gen dominan, epistasis, dan pengaruh interaksi lainnya. Satoto *et al.* (1993) menyatakan bahwa aksi gen aditif memberikan pengaruh yang pasti (*fixable*), sedangkan aksi gen non aditif memberi pengaruh yang tidak pasti (*non fixable*). Roy (2000) menyatakan bahwa ragam DGU yang tinggi menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh aksi gen aditif, sedangkan ragam DGK yang tinggi menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh aksi gen non aditif. Berdasarkan hasil pengujian komponen ragam genetik pada Tabel 16 diketahui bahwa seluruh karakter dikendalikan oleh aksi gen aditif kecuali karakter tinggi dikotomus yang dikendalikan oleh aksi gen non aditif.

Tabel 11. Komponen Ragam Genetik

Karakter	Ragam DGU	Ragam DGK	Ragam Aditif	Ragam Non Aditif
Tinggi tanaman (cm)	25,81	1,77	51,62	1,77
Tinggi dikotomus (cm)	0#	14,22	0#	14,22
Diameter batang (mm)	0,20	0,22	0,39	0,22
Lebar tajuk (cm)	18,75	0#	37,49	0#
Umur berbunga (HST)	1,07	0#	2,15	0#
Umur panen (HST)	3,59	5,24	7,17	5,24
Panjang buah (cm)	3,08	2,04	6,16	2,04
Tebal daging buah (mm)	0,03	0,02	0,07	0,02
Diameter buah (mm)	10,29	2,51	20,59	2,51
Bobot per buah (g)	4,65	1,11	9,30	1,11
Jumlah buah total per tanaman	223,84	74,56	447,69	74,56
Bobot buah total per tanaman (g)	1,646,17	0#	3,292,35	0#

Keterangan : # = nilai ragam negatif = 0 (Wricke and Weber, 1986)

Korelasi Antar Karakter

Tebal daging buah, diameter buah, bobot per buah, dan jumlah buah total per tanaman berkorelasi positif dengan bobot buah total per tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal daging buah, semakin besar diameter buah, semakin tinggi bobot per buah dan semakin banyak jumlah buah total per tanaman maka bobot buah total per tanaman akan semakin tinggi.

Adanya korelasi antar karakter memungkinkan kita untuk melakukan seleksi dengan menggunakan kriteria alternatif terhadap suatu sifat terutama kalau karakter tersebut terlalu rumit untuk diamati atau terlalu lama baru dapat diamati. Dari hasil penelitian ini untuk mendapatkan tanaman yang mempunyai daging yang tebal dan diameter buahnya besar dapat dilakukan seleksi terhadap bobot per buah yang lebih besar. Strategi ini dipilih karena mengamati tebal daging buah dan diameter buah jauh lebih sulit dibanding menimbang bobot per buah. Selain itu dengan memilih tanaman yang mempunyai bobot per buah yang lebih besar juga sekaligus akan menghasilkan tanaman yang hasil buah total per tanamannya tinggi.

Tabel 17. Nilai Korelasi Antar Karakter pada Genotipe Hasil Persilangan yang Diuji

	TT	LT	PB	TDB	DB	BPB	JBTPT
LT	0,76 ^{**}						
PB	0,44 ^{**}	0,38 ^{**}					
TDB	-0,30 [*]	-0,24 ^{ns}	-0,13 ^{ns}				
DB	-0,46 ^{**}	-0,31 [*]	-0,22 ^{ns}	0,82 ^{**}			
BPB	-0,37 [*]	-0,22 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,84 ^{**}	0,97 ^{**}		
JBTPT	0,52 ^{**}	0,39 ^{**}	0,25 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,37 [*]	-0,30 [*]	
BBTPT	0,18 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,42 ^{**}	0,34 [*]	0,42 ^{**}	0,63 ^{**}

TT = Tinggi Tanaman, LT = Lebar Tajuk, PB = Panjang Buah, TDB = Tebal Daging Buah, DB = Diameter Buah, BPB = Bobot Per Buah, JBTPT = Jumlah Buah Total Per Tanaman, BBTPT = Bobot Buah Total Per Tanaman.

KESIMPULAN

1. Karakter yang memiliki nilai ragam genetik dengan kriteria yang luas adalah tinggi tanaman, tinggi dikotomus, bobot per buah, panjang buah, tebal daging buah, dan diameter buah. Sedangkan karakter diameter batang, lebar tajuk, umur panen, umur berbunga, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman memiliki nilai ragam genetik yang sempit.
2. Genotipe C5 dapat dipilih sebagai salah satu tetua hibrida karena memiliki nilai DGU yang cocok untuk memperbaiki karakter umur berbunga, diameter batang, lebar tajuk, umur panen, tebal daging buah, diameter buah, bobot per buah, dan bobot buah total per tanaman.
3. Persilangan antara C120 dengan C5 dan C111 dengan C19 memiliki nilai DGK yang sesuai untuk memperbaiki karakter diameter batang, lebar tajuk, tebal daging buah, diameter buah, bobot per buah, dan bobot buah total per tanaman. Memperbaiki umur berbunga dan umur panen yang lebih cepat cocok digunakan persilangan C111 dengan C2. Persilangan C159 dengan C5 dan C19 dengan C5

- memiliki efek DGK yang sesuai untuk memperbaiki karakter vegetatif yaitu tinggi tanaman, tinggi dikotomus, diameter batang, dan lebar tajuk.
4. Karakter yang memiliki nilai heritabilitas dengan kriteria tinggi yaitu tinggi dikotomus, diameter batang, panjang buah, tebal daging buah, diameter buah, jumlah buah total per tanaman, dan bobot buah total per tanaman.
 5. Tebal daging buah, diameter buah, bobot per buah, dan jumlah buah total per tanaman berkorelasi positif dengan bobot buah total per tanaman yang berarti ketiga sifat ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk menentukan tanaman yang mempunyai hasil tinggi dalam program pemuliaan tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D.A. 2009. **Pendugaan parameter genetik dan evaluasi daya hasil enam genotipe cabai *half diallel* pada intensitas cahaya rendah**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2012. **Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Cabai 2009-2011**. <http://www.bps.go.id/>. Diakses pada tanggal 05 Oktober 2012.
- Departemen Pertanian. 2009. **Konsumsi Perkapita Sayuran di Indonesia Periode 2003-2006**. <http://www.deptan.go.id>. Diakses pada tanggal 05 Oktober 2012.
- Hallauer, A.R. 1981. **Selection and breeding methods**, p.3-56. *In* K.j. Frey (Ed) **Plant Breeding II**. The IOWA State University. Press Ames.
- Hallauer, A.R dan Miranda J. B. 1981. **Quantitatif Genetics in Maize Breeding 1st**. IOWA State University. Press/Ames.
- Hanson, W.D. 1989. **Standard error for heritability and expected selection response**. Crop Science. 29 : 1561 – 1562.
- International Plant Genetic Resource Institute. 1995. **Descriptors for Capsicum (*Capsicum spp*)**. International Plant Genetic Resource Institute. 1995. Italia. 110 hal.
- Istiqlal, M.R.A. 2011. **Pemilihan kriteria seleksi tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) berdaya hasil tinggi**. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru
- Janulia, D. 2010. **Pendugaan daya gabung dan nilai heterosis hasil persilangan *half diallel* cabai (*Capsicum annuum* L) toleran naungan**. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kirana, R dan E. Sofiari. 2007. **Heterosis dan heterobeltiosis pada persilangan lima genotip cabai dengan metode dialel**. J. Hort. 17 (2) : 11-17
- Mangoendidjojo, W. 2003. **Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 182 hal.

- Mastaufan, S. A. 2011. **Uji daya hasil 13 galur cabai merah IPB pada tiga lingkungan**. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Pinaria, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan A.A. Daradjat. 1995. **Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotipe kedelai**. *Zuriat*(6)(2):88-92.
- Poespodarsono, S. 1988. **Dasar – Dasar Ilmu Pemuliaan Tanaman**. Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 159 hal.
- Pranita, D. I. 2007. **Evaluasi daya gabung dan heterosis 10 hibrida cabai (*Capsicum annuum* L.) hasil persilangan *half diallel***. Skripsi. Program Studi Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Roy, D. 2000. **Plant Breeding, Analysis, and Exploitation of Variation**. New Delhi, Chennai, Mumbai, Calcutta : Haworth Press.
- Satoto, R. Setiamihardja, B. Suprihatno, dan A. Baihaki. 1993. **Analisis lini x tester untuk hasil dan komponen hasil lima genotipe mandul jantan sitoplamik genetik padi**. *Zuriat* 4(1): 25 – 30.
- Singh, R.K. and R.D. Chaudary. 1979. **Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis**. Kalyani Publishers. New Delhi. 302 p.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, J. Koswara, and Widodo. 2007. **Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in pepper (*Capsicum annuum* L.)**. *Bul. Agron* 35 (2) : 112-117.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, D.A. Kusumah. 2010. **Evaluasi daya hasil cabai hibrida dan daya adaptasinya di empat lokasi dalam dua tahun**. *J. Agron. Indonesia* 38 (1) : 43 – 51.
- Syukur, M., R. Yuniarti, dan R. Dermawan. 2011. **Sukses Panen Cabai Tiap Hari**. Penebar Swadaya. Bogor.
- Wricke, G and W.E. Weber. 1986. **Quantitative Genetic and Selection in Plant Breeding**. Institute applied genetic. University of Hannover. Germany. P : 105.