

Evaluasi Daya Gabung, Heterosis, dan Heterobeltiosis Hasil Persilangan *Half Diallel Capsicum annuum* L.

Evaluation of Combining Ability, Heterosis, and Heterobeltiosis Half Diallel Cross in Capsicum annuum L.

Undang^{1*)}, Wahyu Trimulyono Safudin²⁾, Arifah Rahayu²⁾, Setyono²⁾

¹⁾Program Studi Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor (IPB University), Jawa Barat, Indonesia

²⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Djuanda, Jawa Barat, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi E-mail: undang@apps.ipb.ac.id

Diajukan: 5 Februari 2026 **Diterima:** 10 Mei 2026 **Dipublikasi:** 31 Mei 2026

ABSTRACT

Low chili yields in Indonesia are triggered by poor seed quality, inefficient cultivation practices, and high levels of pest and disease attacks. As a solution, plant breeding programs are implemented to improve the quality of genetic traits. This study aims to evaluate GCA, SCA, and heterosis and heterobeltiosis values from half-diallel crosses involving five chili parents. Using a one-factor RCBD, this study tested 15 genotypes (5 parents and 10 hybrids) with three replications. The analysis results showed significant differences in GCA and SCA values across all parameters. Genotype F7.110005 showed the best DGU value in almost all vegetative and generative characters observed, Ungara was superior in fruit diameter (1,92), fruit flesh thickness (0,25) and number of seeds (7,52), Viola in flowering age (-4,10) and harvest age (-3,97) earlier, F12.145291 in number of fruits (32,41), Adelina in leaf width (0,24). The Ungara x Adelina hybrid had the highest frequency of positive values in the parameters of DGK, heterosis, and heterobeltiosis. Meanwhile, the F7.110005 x Adelina hybrid had the highest DGK value in the leaf length character (0,92), although it had some negative heterosis values. Both of these cross combinations are recommended for the development of superior hybrid varieties.

Keywords: breeding; genotype; heterobeltiosis; hybrid; superior

ABSTRAK

Rendahnya hasil panen cabai di Indonesia dipicu oleh buruknya kualitas benih, praktik budidaya yang kurang efisien, serta tingginya serangan hama dan penyakit. Sebagai langkah solusi, program pemuliaan tanaman diterapkan untuk meningkatkan kualitas karakter genetiknya. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi DGU, DGK, serta nilai heterosis dan heterobeltiosis dari persilangan setengah diallel yang melibatkan lima tetua cabai. Menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak faktor tunggal, penelitian ini menguji 15 genotipe (5 tetua dan 10 hibrida) dengan tiga ulangan. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan nyata pada nilai DGU dan DGK di semua parameter. Genotipe F7.110005 menunjukkan nilai DGU terbaik pada hampir semua karakter vegetatif dan generatif yang diamati, Ungara unggul pada karakter diameter buah (1,92), tebal daging buah (0,25) dan jumlah benih (7,52), Viola pada karakter umur berbunga (-4,10) dan umur panen (-3,97) lebih genjah, F12.145291 pada jumlah buah (32,41), Adelina pada lebar daun (0,24). Hibrida Ungara x Adelina memiliki frekuensi nilai positif terbanyak pada parameter DGK, heterosis, dan heterobeltiosis. Hibrida F7.110005 x Adelina memiliki nilai besaran DGK tertinggi pada karakter

panjang daun (0,92), kendati memiliki beberapa nilai heterosis negatif. Kedua kombinasi persilangan ini direkomendasikan untuk pengembangan varietas hibrida unggul.

Kata kunci: *genotipe; heterobeltiosis; hibrida; pemuliaan; superior*

PENDAHULUAN

Sebagai komoditas sayuran strategis, cabai memiliki nilai ekonomi tinggi, baik untuk konsumsi langsung maupun keperluan industri (Andayani, 2016). Buah cabai meliputi tipe besar, keriting, rawit, dan paprika (Syukur *et al.*, 2018; Undang *et al.*, 2025). BPS (2024) mencatat bahwa pada tahun 2023 terjadi kenaikan produksi cabai besar (5,33%), namun terdapat penurunan pada cabai rawit (2,44%). Tren konsumsi cabai rumah tangga terus meningkat, cabai besar naik 6,04% dan cabai rawit 7,23%. Rendahnya produksi cabai nasional dipengaruhi salah satunya oleh penggunaan benih yang belum teruji kualitasnya (mutu) benih serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Kurangnya efisiensi dalam teknik budidaya juga menjadi faktor penyebab belum tercapainya produktivitas yang diharapkan (Lagiman & Supriyanta, 2021; Undang *et al.*, 2023; Undang *et al.*, 2024^a). Salah satu upaya memperbaiki karakter tanaman menjadi lebih unggul dilakukan melalui program pemuliaan tanaman (Syukur *et al.*, 2018). Karakteristik unggul turunan hibrida ditentukan oleh besarnya nilai daya gabung umum (DGU), daya gabung khusus (DGK), serta tingkat heterosis dan heterobeltiosisnya. Ketersediaan informasi mengenai parameter tersebut pada aspek benih cabai masih sangat terbatas, meskipun saat ini telah banyak dikembangkan berbagai varietas cabai di pasaran.

Pendugaan parameter genetik dapat dilakukan menggunakan metode analisis silang dialel. Persilangan dialel merupakan semua kemungkinan persilangan antar tetua termasuk dengan dirinya sendiri (*selfing*) (Griffing, 1956). Terdapat empat model persilangan dialel, penelitian ini menggunakan persilangan setengah dialel (model II), yaitu persilangan dialel antar galur tetua tanpa resiprok. Penggunaan metode persilangan dialel bertujuan untuk mempermudah identifikasi tetua superior dari populasi genotipe yang luas. Pendekatan ini memungkinkan pemulia untuk mendeteksi pasangan tetua yang mampu menghasilkan efek heterosis maksimal pada keturunan hibrida/F1 (Syukur *et al.*, 2018). Metode persilangan dialel dapat diterapkan untuk

mengevaluasi daya gabung tetua terhadap sifat fisiologis mutu benih, menganalisis aksi gen yang mengendalikan ekspresi karakter tersebut serta mengidentifikasi kombinasi persilangan hibrida yang potensial (Gomes *et al.*, 2020; Undang *et al.*, 2024^b).

Meskipun pengembangan varietas hibrida terus meningkat, terdapat beberapa permasalahan yang membatasi efisiensi pemuliaan cabai saat ini (Syukur *et al.*, 2018; Undang *et al.*, 2024^b), yaitu: a) belum tersedianya informasi mengenai daya gabung (*combining ability*) pada genotipe cabai, b) terdapat keterbatasan studi yang menghubungkan secara langsung antara parameter daya gabung dengan variabel mutu benih, c) masih kurangnya evaluasi mendalam mengenai kombinasi spesifik di lingkungan agroekosistem Indonesia. Penelitian ini dilakukan guna menduga potensi daya gabung serta manifestasi nilai heterosis dan heterobeltiosis dari 10 kombinasi hibrida cabai. Seluruh hibrida tersebut diperoleh dari hasil persilangan dengan rancangan dialel terbatas (setengah dialel/*half-diallel*).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan PKHT IPB Tajur, Bogor, dalam rentang waktu Agustus 2024 sampai Januari 2025. Penelitian ini menggunakan 15 genotipe cabai yang berasal dari 5 tetua tetua (Adelina, Ungara, Viola, F12.145291, F7.110005), dan 10 F₁ (Ungara x Adelina, Viola x Adelina, F12.145291 x Adelina, F7.110005 x Adelina, Viola x Ungara, F12.145291 x Ungara, F7.110005 x Ungara, F12.145291 x Viola, F7.110005 x Viola, F7.110005 x F12.145291) hasil persilangan setengah dialel. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu RKLT dengan faktor tunggal yaitu genotipe cabai dengan 3 ulangan.

Penyemaian benih dilakukan pada *tray* semai berisi tanah dan kompos (1:1). Pupuk NPK diberikan 1 kali per minggu dengan dosis 2 g/liter air mulai 4 minggu setelah semai (MSS), dengan cara dikocor. Bibit dipindah tanam setelah berumur 6 MSS (memiliki 4-6 helai daun). Pengolahan tanah dilakukan bersamaan dengan kegiatan persemaian, lahan dibuat bedengan

dengan ukuran 5 m x 1 m, diberi 20 ton/ha pupuk kandang, 2 ton/ha kapur pertanian. Bedengan kemudian ditutup menggunakan mulsa plastik hitam perak. Penanaman bibit dilakukan pada sore hari dengan jarak tanam 0,5 m x 0,5 m, diberi insektisida (karbofuran) dan ajir bambu sebagai penopang. Penyulaman dilakukan hingga dua minggu setelah tanam (MST). Penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan. Pemupukan kocor NPK dengan dosis 10 g/liter air dilakukan seminggu sekali, sebanyak 250 ml per tanaman. Pewiwilan (membuang tunas air) yang muncul di bawah cabang dikotomus. Penyiangan dilakukan secara manual. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan sejak di persemaian, seminggu sekali dengan penyemprotan fungisida dan insektisida sesuai gejala di lapangan. Panen buah cabai dilakukan pada saat buah cabai yang berwarna hijau, hijau tua atau ungu telah berubah menjadi warna merah (masak) dengan interval panen 7 hari sekali.

Peubah yang diamati merujuk pada *Descriptor for Capsicum* (IPGRI, 1995). Peubah vegetatif yaitu: tinggi dikotomus (cm), tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), lebar tajuk (cm), panjang daun (cm) dan lebar daun (cm). Peubah generatif yaitu: umur berbunga (HST), umur panen (HST), panjang buah (cm), diameter buah (cm), panjang tangkai buah (cm), tebal daging buah (mm), bobot per buah (g), jumlah buah per tanaman, bobot buah per tanaman (g) dan jumlah benih (butir). Analisis data dilakukan

terhadap nilai daya gabung umum (DGU), daya gabung khusus (DGK), nilai heterosis dan heterobeltiosis. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keragaan tanaman. Uji lanjut dilakukan jika terdapat hasil yang berbeda nyata menggunakan DMRT pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya gabung memberikan gambaran tentang bagaimana sifat-sifat baik dari tetua diturunkan kepada keturunannya. Daya gabung meliputi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK). DGU merupakan parameter genetik yang mengukur kemampuan rata-rata suatu tetua untuk menghasilkan keturunan yang unggul ketika disilangkan dengan berbagai tetua lainnya. DGK mengukur kemampuan sepasang tetua tertentu untuk menghasilkan keturunan yang performanya berbeda dari rata-rata kemampuan kedua induknya. Kegiatan pemuliaan tanaman cabai, heterosis dan heterobeltiosis adalah dua parameter yang digunakan untuk mengukur sejauh mana keunggulan keturunan hasil persilangan dibandingkan dengan tetuanya. Keduanya merupakan indikator utama dari vigor hibrida, yaitu kecenderungan keturunan hibrida untuk memiliki performa (pertumbuhan, hasil, atau ketahanan) yang lebih baik daripada induknya.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil sidik ragam DGU, DGK dan koefisien keragaman semua karakter yang diamati

Karakter	F Hitung DGU	F Hitung DGK	Koefisien Keragaman (%)
Tinggi dikotomus (TD)	16,19**	2,19**	18,12
Tinggi tanaman (TT)	21,29**	2,46**	13,94
Diameter batang (DBt)	12,04**	1,88**	8,41
Lebar tajuk (LT)	29,12**	3,86**	9,13
Panjang daun (PD)	60,22**	5,33**	5,12
Lebar daun (LD)	76,62**	13,43**	4,86
Umur berbunga (UB)	31,38**	7,93**	10,26
Umur panen (UP)	25,39**	5,60**	3,11
Panjang buah (PB)	799,04**	61,79**	4,67
Diameter buah (DB)	70,46**	4,59**	5,79
Panjang tangkai buah (PTB)	74,77**	4,94**	6,72
Tebal daging buah (TDB)	107,70**	19,03**	5,87
Jumlah buah/tanaman (JBpT)	34,76**	5,01**	17,61
Bobot/buah (BBh)	170,57**	36,23**	9,22
Bobot buah/tanaman (BBpT)	19,49**	7,86**	24,84
Jumlah benih (JB)	15,30**	9,34**	11,71

Keterangan: angka yang diikuti ** : berpengaruh nyata pada taraf 1%.

Daya Gabung

Hasil analisis ragam pada seluruh karakter yang diamati terdapat perbedaan nilai DGU dan DGK yang sangat nyata. Daya gabung umum dan daya gabung khusus pada semua karakter tanaman yang diamati dipengaruhi oleh faktor genotipe. Rekapitulasi hasil sidik ragam DGU dan DGK ditunjukkan pada Tabel 1.

Daya gabung ditentukan berdasarkan dua aksi gen yaitu aksi gen aditif dan gen non aditif. Karakter dengan nilai DGU yang nyata mengindikasikan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh aksi gen aditif, sebaliknya nilai DGK yang nyata menunjukkan dominasi aksi gen non aditif. Hasil analisis DGU dan DGK untuk karakter vegetatif cabai disajikan pada Tabel 2.

Nilai DGU tertinggi pada karakter tinggi dikotomus dimiliki oleh tetua F12.145291, hal tersebut menunjukkan bahwa tetua F12.145291 berkontribusi positif terhadap peningkatan tinggi dikotomus. Tetua F7.110005 memiliki nilai DGU tertinggi pada karakter tinggi tanaman, diameter batang, lebar tajuk dan panjang daun, sedangkan pada karakter lebar daun nilai DGU tertinggi dimiliki oleh tetua Adelina, karakter tinggi dikotomus tetua F12.145291, karakter tinggi tanaman, diameter batang, lebar tajuk dan panjang daun tetua F7.110005. Tetua dengan nilai DGU tinggi akan menghasilkan calon tetua dengan vigor yang baik (Daryanto *et al.*, 2010; Undang *et al.*, 2024). Kombinasi persilangan

dengan nilai daya gabung khusus tinggi berpotensi digunakan untuk merakit varietas hibrida. Kombinasi persilangan Viola x Ungara memiliki nilai DGK tertinggi pada karakter tinggi dikotomus dan tinggi tanaman, sedangkan pada karakter diameter batang dan lebar tajuk nilai DGK tertinggi adalah kombinasi persilangan F12.145291 x Viola. Nilai DGK tertinggi pada karakter panjang daun adalah kombinasi persilangan F7.110005 x Adelina, sedangkan nilai DGK tertinggi pada karakter lebar daun yaitu persilangan Ungara x Adelina. Kombinasi persilangan dengan Nilai DGK tinggi berpotensi dijadikan sebagai kandidat varietas hibrida (Syukur *et al.*, 2018; Undang *et al.*, 2024). Tingginya nilai DGU pada tetua cabai menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh aksi gen aditif. Secara biologis, ini berarti sifat unggul tersebut dapat diwariskan secara stabil ke generasi berikutnya, sehingga tetua ini sangat ideal sebagai komponen pembentuk varietas sintetik atau komposit.

Nilai DGU dan DGK karakter generatif cabai disajikan pada Tabel 3. Tetua Viola memiliki nilai DGU umur berbunga dan umur panen terbaik karena bernilai negatif. Menurut Mardianawati dan Syukur (2016), pada karakter umur panen nilai DGU diharapkan negatif agar memperoleh umur panen yang lebih cepat (genjah).

Tabel 2. Nilai DGU dan DGK karakter vegetatif hasil persilangan *half diallel* cabai

Genotipe	TD	TT	DBt	LT	PD	LD
DGU						
Adelina	-1,76	-2,66	-0,26	-5,14	0,53	0,24
Ungara	-0,52	-0,47	-0,22	-0,96	-0,36	-0,04
Viola	-2,98	-8,74	-0,72	-4,20	-1,24	-0,43
F12.145291	3,01	4,44	0,37	1,27	0,39	0,16
F7.110005	2,24	7,43	0,82	9,02	0,68	0,08
DGK						
Ungara x Adelina	2,79	6,41	0,45	6,99	0,62	0,45
Viola x Adelina	-0,76	-4,64	-0,49	-1,31	-0,48	-0,54
Viola x Ungara	4,35	8,19	0,18	3,71	0,00	0,00
F12.145291 x Adelina	-1,62	-1,80	0,22	2,94	-0,45	-0,20
F12.145291 x Ungara	-3,04	-8,30	-0,39	-3,57	-0,41	-0,13
F12.145291 x Viola	1,26	6,94	1,29	10,33	-0,71	-0,05
F7.110005 x Adelina	0,31	-1,43	0,03	-2,93	0,92	0,32
F7.110005 x Ungara	-0,41	2,18	0,80	1,82	-0,68	-0,12
F7.110005 x Viola	0,07	-3,78	0,11	-0,07	0,16	0,04
F7.110005 x F12.145291	3,05	4,42	-0,19	0,20	-0,11	-0,13

Keterangan: TD = tinggi dikotomus, TT = tinggi tanaman, DBt = diameter batang, LT = lebar tajuk, PD = panjang daun, LD = lebar daun.

Tetua F7.110005 memiliki nilai DGU terbaik pada karakter panjang buah, panjang tangkai buah, bobot buah dan bobot buah per tanaman. Nilai DGU karakter diameter buah, tebal daging buah dan jumlah benih terbaik diperoleh dari tetua Ungara, sedangkan karakter jumlah buah per tanaman nilai DGU terbaik oleh genotipe F12.145291. Arif *et al.*, (2012) menyatakan bahwa tetua dengan nilai DGU tinggi dapat digunakan sebagai pendonor karakter yang diinginkan, sehingga genotipe Viola dapat dijadikan tetua pendonor karakter umur berbunga dan panen genjah, tetua F7.110005 pendonor karakter panjang buah, panjang tangkai buah, bobot buah dan bobot buah per tanaman, tetua Ungara sebagai pendonor karakter diameter buah, tebal daging buah dan jumlah benih, dan tetua F12.145291 sebagai pendonor pada karakter jumlah buah per tanaman.

Kombinasi persilangan antara F7.110005 x Viola, Viola x Adelina, dan F12.145291 x Viola mempunyai nilai DGK umur berbunga yang relatif lebih baik dibandingkan genotipe lainnya. Karakter umur panen ditunjukkan oleh kombinasi persilangan Viola x Adelina, F12.145291 x Ungara dan F7.110005 x Viola

mempunyai nilai DGK lebih baik dibandingkan genotipe lain. Hal tersebut sejalan dengan nilai DGU tetua Viola yang tinggi sebagai pendonor umur berbunga genjah, meskipun tidak selalu demikian seperti pada persilangan Viola x Ungara dengan nilai DGK yang rendah. Kombinasi persilangan F7.110005 x Adelina memiliki nilai DGK terbaik pada empat karakter yaitu panjang buah, diameter buah, tebal daging buah dan bobot buah. Karakter panjang tangkai buah terbaik diperoleh dari kombinasi persilangan F12.145291 x Adelina, karakter jumlah buah per tanaman yaitu kombinasi persilangan F7.110005 x Viola, karakter bobot buah per tanaman yaitu persilangan Ungara x Adelina dan karakter jumlah benih yaitu persilangan F12.145291 x Viola. Kombinasi persilangan dengan nilai DGK yang positif dan signifikan, yang mengindikasikan adanya aksi gen non-aditif (dominansi atau epistasis). Hal ini bermakna bahwa keunggulan mutu benih pada persilangan ini merupakan hasil dari interaksi spesifik antar lokus yang unik, yang hanya muncul pada kombinasi hibrida tertentu.

Tabel 3. Nilai DGU dan DGK karakter generatif hasil persilangan *half diallel* cabai

Genotipe	UB	UP	PB	DB	PTB	TDB	JBpT	BB	BBpT	JB
DGU										
Adelina	0,47	0,74	1,95	-0,82	0,16	-0,04	-24,50	0,60	-15,83	-7,39
Ungara	2,37	0,84	-1,90	1,92	-0,21	0,25	2,17	-0,02	19,54	7,52
Viola	-4,10	-3,97	-1,18	-0,24	-0,53	-0,03	-12,26	-0,70	-86,43	-3,90
F12.145291	0,32	0,31	-1,12	-1,34	0,06	-0,21	32,41	-1,13	-24,50	-1,64
F7.110005	0,94	2,08	2,24	0,47	0,52	0,03	2,19	1,26	107,23	5,41
DGK										
Ungara x Adelina	-0,24	1,73	0,32	0,01	0,17	0,20	21,00	1,02	146,01	15,24
Viola x Adelina	-3,76	-6,13	1,29	0,42	0,05	0,02	-5,77	0,68	-14,15	13,96
Viola x Ungara	5,33	1,78	0,09	0,67	0,11	0,07	8,83	0,16	8,76	-5,92
F12.145291 x Adelina	-1,52	-1,08	1,45	0,69	0,44	0,05	9,83	0,64	102,96	0,20
F12.145291 x Ungara	-0,10	-4,17	0,22	-0,54	-0,17	-0,09	-11,18	-0,21	-45,71	5,90
F12.145291 x Viola	-3,62	0,97	0,49	0,68	0,08	0,02	7,95	0,46	46,25	16,01
F7.110005 x Adelina	2,19	1,83	2,47	1,58	0,33	0,30	-2,02	2,20	113,74	4,93
F7.110005 x Ungara	-0,71	-0,60	-0,69	0,16	0,00	-0,05	24,74	0,08	137,29	3,63
F7.110005 x Viola	-4,24	-1,13	-0,30	-0,77	0,08	0,20	31,61	-0,17	51,51	3,35
F7.110005 x F12.145291	1,33	-0,41	-0,89	-0,40	-0,24	-0,03	7,50	-0,80	-7,92	6,12

Keterangan: UB: umur berbunga, UP: umur panen, PB: panjang buah, DB: diameter buah, PTB: panjang tangkai buah, TDB: tebal daging buah, JBpT: jumlah buah per tanaman, BB: bobot buah, BBpT: bobot buah per tanaman, JB: jumlah benih

Heterosis dan Heterobeltiosis

Heterosis merupakan keunggulan hasil persilangan melebihi rata-rata kedua tetuanya, sedangkan heterobeltiosis merupakan keunggulan hasil persilangan yang melebihi penampilan tetua terbaiknya (Marama *et al.* 2009). Berdasarkan analisis ragam (uji F), seluruh karakter yang diamati dipengaruhi oleh genotipe. Hasil penelitian menunjukkan variasi nilai heterosis dan heterobeltiosis yang signifikan pada berbagai karakter komponen hasil dan jumlah benih. Fenomena ini tidak sekadar menunjukkan keunggulan hibrida di atas tetuanya, tetapi mencerminkan manifestasi dari interaksi alelik dan non-alelik yang kompleks.

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman tetua cabai berkisar antara 24,03 – 59,02 cm dan hibridanya 28,82 – 61,15 cm (Tabel 4). Hasil persilangan dengan tinggi tanaman terbaik yaitu hibrida F7.110005 x F12.145291, tetapi yang menunjukkan nilai heterosis dan heterobeltiosis positif yaitu kombinasi persilangan Ungara x Adelina. Tanaman yang terlalu pendek akan menyebabkan buah terlalu dekat dengan tanah sehingga rawan terserang cendawan. Karakter tinggi tanaman berhubungan dengan ketahanan tanaman di lapang terhadap serangan penyakit antraknosa (Kirana & Sofiari, 2007). Semakin tinggi tanaman maka

jumlah percabangan semakin banyak dan pada akhirnya posisi buah akan semakin tinggi, karena tanaman berfotosintesis dengan optimal (Sa'diyah *et al.*, 2020). Nilai heterosis positif mengindikasikan adanya nilai DGK tinggi, yang mencerminkan keberadaan aksi gen non-aditif (dominansi dan epistasis), sehingga interaksi antar lokus genetik mereka saling melengkapi. Hibrida dengan karakter tinggi tanaman yang tinggi besar kemungkinan lebih dipengaruhi oleh DGU yang tinggi dari tetuanya (aksi gen aditif), sehingga meskipun hasilnya tinggi, keunggulannya terhadap rata-rata tetua (heterosis) tidak menonjol

Diameter Batang

Diameter batang tetua cabai berkisar antara 7,47 – 10,73 mm, sementara hibrida cabai 7,99 – 10,86 mm (Tabel 5). Sebagian besar kombinasi persilangan menunjukkan nilai heterosis dan heterobeltiosis yang positif, kecuali kombinasi persilangan Viola dan Adelina yang memiliki nilai duga heterosis dan heterobeltiosis negatif, hal tersebut sejalan dengan nilai DGK pada persilangan tersebut yang menunjukkan nilai paling kecil sebesar -0,49 (Tabel 1). Diameter batang berhubungan dengan produksi tanaman, yaitu bisa meningkatkan bobot buah cabai per tanaman (Hariyadi *et al.*, 2023), dan transport hara dan fotosintat (Lukmana *et al.*, 2023).

Tabel 4. Rataan tinggi tanaman P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (cm)	P2 (cm)	F1 (cm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	39,68	40,26	48,14 ^{ab}	20,44	19,57
Viola x Adelina	24,03	40,26	28,82 ^c	-10,34	-28,42
Viola x Ungara	24,03	39,68	43,84 ^b	37,62	10,48
F12.145291 x Adelina	53,11	40,26	44,84 ^b	-3,96	-15,58
F12.145291 x Ungara	53,11	39,68	40,53 ^{bc}	-12,64	-23,69
F12.145291 x Viola	53,11	24,03	47,50 ^{ab}	23,15	-10,56
F7.110005 x Adelina	59,02	40,26	48,20 ^{ab}	-2,91	-18,33
F7.110005 x Ungara	59,02	39,68	54,00 ^{ab}	9,43	-8,50
F7.110005 x Viola	59,02	24,03	39,77 ^{bc}	-4,23	-32,62
F7.110005 x F12.145291	59,02	53,11	61,15^a	9,07	3,61

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 5. Rataan diameter batang P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (mm)	P2 (mm)	F1 (mm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	8,50	8,84	9,43 abc	8,82	6,75
Viola x Adelina	7,47	8,84	7,99 c	-1,98	-9,55
Viola x Ungara	7,47	8,50	8,69 bc	8,85	2,27
F12.145291 x Adelina	9,74	8,84	9,80 ab	5,51	0,62
F12.145291 x Ungara	9,74	8,50	9,23 abc	1,17	-5,27
F12.145291 x Viola	9,74	7,47	10,40 a	20,80	6,74
F7.110005 x Adelina	10,73	8,84	10,05 ab	2,78	-6,28
F7.110005 x Ungara	10,73	8,50	10,86 a	13,00	1,27
F7.110005 x Viola	10,73	7,47	9,67 ab	6,23	-9,88
F7.110005 x F12.145291	10,73	9,74	10,46 a	2,25	-2,45

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 6. Rataan panjang daun P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (cm)	P2 (cm)	F1 (cm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	8,76	10,00	10,04b	6,99	0,33
Viola x Adelina	7,27	10,00	8,05d	-6,77	-19,49
Viola x Ungara	7,27	8,76	7,64d	-4,73	-12,81
F12.145291 x Adelina	10,87	10,00	9,71b	-6,93	-10,65
F12.145291 x Ungara	10,87	8,76	8,86c	-9,69	-18,47
F12.145291 x Viola	10,87	7,27	7,68d	-15,31	-29,33
F7.110005 x Adelina	10,45	10,00	11,37a	11,16	8,77
F7.110005 x Ungara	10,45	8,76	8,88c	-7,52	-15,01
F7.110005 x Viola	10,45	7,27	8,84c	-0,30	-15,47
F7.110005 x F12.145291	10,45	10,87	10,21b	-4,26	-6,11

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Panjang Daun dan Lebar Daun

Karakter panjang daun dan lebar daun pada tetua cabai berkisar antara 7,27 – 10,87 cm (Tabel 6), dan 2,24 – 3,39 cm (Tabel 7). Rataan panjang dan lebar daun hasil hibrida cabai antara 7,64 – 11,37 cm dan 2,09 – 3,46 cm. Hasil hibrida dengan nilai panjang daun terbaik diperoleh dari persilangan F7.110005 x Adelina (Tabel 6), sedangkan pada karakter lebar daun hibrida terbaiknya yaitu persilangan F7.110005 x Adelina dan Ungara x Adelina (Tabel 7). Daun merupakan organ tumbuhan yang berfungsi sebagai tempat fotosintesis (Siahaan *et al.*, 2022). Daun yang lebih panjang dan lebih lebar akan memiliki luas daun yang lebih besar, sehingga akan lebih efektif dalam menangkap cahaya matahari (Alhidayah *et al.*, 2024).

Umur Berbunga

Umur berbunga tetua cabai berkisar 14,33 – 22,00 HST, dan hibridanya antara 12,00 – 23,00 HST (Tabel 8). Hibrida cabai dengan umur berbunga genjah yaitu Viola x Adelina, F12.145291 x Viola, dan F7.110005 x Viola. Empat kombinasi persilangan tersebut juga memiliki nilai nilai heterosis negatif (-33,94) dan heterobeltiosis negatif (-45,45). Nilai heterosis dan heterobeltiosis negatif artinya hasil persilangan tersebut memiliki waktu berbunga yang lebih cepat (genjah) dibandingkan dengan rata-rata tetua dan tetua terbaiknya (Mardianawati & Syukur, 2016). Percepatan umur berbunga pada hibrida menunjukkan efektivitas pemanfaatan energi tanaman dari fase vegetatif ke fase reproduktif, menunjukkan nilai DGK yang superior untuk sifat genjah, adanya interaksi dominansi atau epistasis yang sangat kuat, di mana alel-alel dari kedua tetua saling bersinergi mempercepat inisiasi bunga.

Tabel 7. Rataan lebar daun P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosisnya

Genotipe	P1 (cm)	P2 (cm)	F1 (cm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	2,64	3,28	3,46a	16,87	5,50
Viola x Adelina	2,24	3,28	2,09f	-24,41	-36,46
Viola x Ungara	2,24	2,64	2,35e	-3,81	-11,24
F12.145291 x Adelina	3,39	3,28	3,02b	-9,41	-10,82
F12.145291 x Ungara	3,39	2,64	2,81bc	-7,00	-17,21
F12.145291 x Viola	3,39	2,24	2,49de	-11,31	-26,39
F7.110005 x Adelina	2,93	3,28	3,46a	11,40	5,41
F7.110005 x Ungara	2,93	2,64	2,74cd	-1,64	-6,45
F7.110005 x Viola	2,93	2,24	2,52de	-2,58	-14,12
F7.110005 x F12.145291	2,93	3,39	2,93bc	-7,16	0,09

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 8. Rataan umur berbunga P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (hst)	P2 (hst)	F1 (hst)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	22,00	22,00	22,00ab	0,00	0,00
Viola x Adelina	14,33	22,00	12,00c	-33,94	-45,45
Viola x Ungara	14,33	22,00	23,00a	26,61	4,55
F12.145291 x Adelina	22,00	22,00	18,67b	-15,15	-15,15
F12.145291 x Ungara	22,00	22,00	22,00ab	0,00	0,00
F12.145291 x Viola	22,00	14,33	12,00c	-33,94	-45,45
F7.110005 x Adelina	22,00	22,00	23,00a	4,55	4,55
F7.110005 x Ungara	22,00	22,00	22,00ab	0,00	0,00
F7.110005 x Viola	22,00	14,33	12,00c	-33,94	-45,45
F7.110005 x F12.145291	22,00	22,00	22,00ab	0,00	0,00

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Umur Panen

Umur panen tetua cabai berkisar 62,00 – 72,00 HST dan hibrida hasil persilangan antara 58,33 – 72,33 HST (Tabel 9). Kombinasi Viola x Adelina memiliki nilai duga heterosis (-12,28) dan heterobeltiosis (-17,84) negatif (genjah). Umur panen genjah merupakan salah satu sifat unggul pembentuk varietas hibrida. Semakin cepat umur panen cabai maka terpaan cekaman di lahan akan semakin sedikit, sehingga cabai dapat berproduksi maksimal (Ritonga *et al.*, 2016). Nilai negatif yang signifikan ini mencerminkan adanya DGK yang kuat ke arah sifat genjah, menunjukkan bahwa interaksi alel dominan atau epistasis dari kedua tetua bekerja mempercepat transisi fase vegetatif ke reproduktif melampaui kemampuan tetua terbaiknya (*high-parent*, dalam hal ini tetua yang paling genjah).

Panjang Buah

Panjang buah tetua cabai berkisar antara 2,98 – 10,93 cm, sedangkan hibrida cabai antara 3,76 – 13,42 cm (Tabel 10). Hibrida dengan nilai duga heterosis dan heterobeltiosis tinggi yaitu F7.110005 x Adelina. Cabai rawit memiliki tipe buah berukuran kecil, berbeda dengan cabai keriting yang memiliki buah panjang bergelombang, sehingga persilangan F7.110005 x Adelina menghasilkan buah yang relatif lebih panjang dibandingkan persilangan lain (Syukur *et al.*, 2018). Nilai duga heterosis tinggi tidak menjamin hasil yang tinggi pada hibridanya, karena masih dipengaruhi faktor lain seperti kemampuan daya gabung tetuanya (Daryanto *et al.*, 2010).

Tabel 9. Rataan umur panen P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (hst)	P2 (hst)	F1 (hst)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	70,00	71,00	71,00ab	0,71	0,00
Viola x Adelina	62,00	71,00	58,33f	-12,28	-17,84
Viola x Ungara	62,00	70,00	66,33de	0,51	-5,24
F12.145291 x Adelina	70,67	71,00	67,67cd	-4,47	-4,69
F12.145291 x Ungara	70,67	70,00	64,67e	-8,06	-8,49
F12.145291 x Viola	70,67	62,00	65,00e	-2,01	-8,02
F7.110005 x Adelina	72,00	71,00	72,33a	1,17	0,46
F7.110005 x Ungara	72,00	70,00	70,00abc	-1,41	-2,78
F7.110005 x Viola	72,00	62,00	64,67e	-3,48	-10,19
F7.110005 x F12.145291	72,00	70,67	69,67bc	-2,34	-1,42

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 10. Rataan panjang buah P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (cm)	P2 (cm)	F1 (cm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	2,98	7,89	7,13c	31,22	-9,65
Viola x Adelina	3,61	7,89	8,82b	53,38	11,80
Viola x Ungara	3,61	2,98	3,76f	14,04	4,00
F12.145291 x Adelina	3,88	7,89	9,04b	53,62	14,54
F12.145291 x Ungara	3,88	2,98	3,95f	15,33	1,94
F12.145291 x Viola	3,88	3,61	4,95e	32,24	27,74
F7.110005 x Adelina	10,93	7,89	13,42a	42,56	22,71
F7.110005 x Ungara	10,93	2,98	6,40d	-7,97	-41,46
F7.110005 x Viola	10,93	3,61	7,51c	3,25	-31,33
F7.110005 x F12.145291	10,93	3,88	6,99cd	-5,65	-36,10

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Diameter Buah

Nilai rata-rata diameter buah tetua cabai berkisar antara 8,97 – 15,64 mm dan hibridanya antara 11,05 – 14,50 mm (Tabel 11). Hasil persilangan dengan nilai terbaik yaitu genotipe F7.110005 x Ungara, namun nilai heterosis dan heterobeltiosis tertinggi diperoleh pada kombinasi persilangan F7.110005 x Adelina. Keunggulan diameter buah kemungkinan besar didominasi DGU yang tinggi dari kedua tetuanya yang dikendalikan oleh aksi gen aditif.

Bobot Buah

Bobot buah tetua cabai berkisar antara 1,36 – 5,55 g, dan hibrida antara 2,30 – 7,73 g (Tabel 12). Hibrida cabai dengan bobot buah terbesar ditunjukkan oleh hasil persilangan F7.110005 x Adelina. Nilai duga heterosis dan heterobeltiosis positif berpotensi dalam program pemuliaan tanaman untuk meningkatkan bobot buah cabai. Nilai duga heterosis dan

heterobeltiosis bernilai positif pada karakter bobot buah cabai pada beberapa kombinasi persilangan cabai (Daryanto *et al.*, 2010). Karakter bobot buah memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas cabai (Ritonga *et al.*, 2016). Hibrida dengan bobot buah terbesar kemungkinan besar dihasilkan dari tetua yang memiliki nilai DGU yang positif (aksi gen aditif). Nilai heterosis dan heterobeltiosis yang positif mengindikasikan adanya peran nilai DGK yang kuat, interaksi alel (dominansi) atau antar-lokus (epistasis) bekerja meningkatkan ukuran sel atau akumulasi fotosintat di dalam buah melampaui rata-rata kedua tetuanya dan tetua terbaiknya (*high-parent*), persilangan tersebut berhasil mengkombinasikan alel-alel dominan dari kedua tetua yang sebelumnya terpisah, menciptakan efek sinergis pada pembelahan sel buah.

Tabel 11. Rataan diameter buah P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (mm)	P2 (mm)	F1 (mm)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	15,64	8,97	13,06ab	6,18	-16,47
Viola x Adelina	10,97	8,97	11,31c	13,47	3,11
Viola x Ungara	10,97	15,64	14,29a	7,45	-8,58
F12.145291 x Adelina	9,06	8,97	10,49c	16,35	15,76
F12.145291 x Ungara	9,06	15,64	11,99bc	-2,88	-23,31
F12.145291 x Viola	9,06	10,97	11,05c	10,32	0,71
F7.110005 x Adelina	12,61	8,97	13,18ab	22,19	4,54
F7.110005 x Ungara	12,61	15,64	14,50a	2,68	-7,25
F7.110005 x Viola	12,61	10,97	11,42c	-3,17	-9,47
F7.110005 x F12.145291	12,61	9,06	10,69c	-1,37	-15,26

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 12. Rataan bobot buah P1, P2 dan F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (g)	P2 (g)	F1 (g)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	3,11	2,60	5,27b	84,46	69,27
Viola x Adelina	1,70	2,60	4,25c	97,73	63,63
Viola x Ungara	1,70	3,11	3,10d	28,90	-0,28
F12.145291 x Adelina	1,36	2,60	3,77c	90,44	45,14
F12.145291 x Ungara	1,36	3,11	2,31e	3,36	-25,68
F12.145291 x Viola	1,36	1,70	2,30e	50,10	35,11
F7.110005 x Adelina	5,55	2,60	7,73a	89,63	39,21
F7.110005 x Ungara	5,55	3,11	4,99b	15,29	-10,04
F7.110005 x Viola	5,55	1,70	4,06c	11,98	-26,84
F7.110005 x F12.145291	5,55	1,36	3,00d	-13,22	-45,96

Keterangan: P1: tetua betina, P2: tetua jantan, F1: keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Bobot Buah per Tanaman

Bobot buah per tanaman merupakan rekapitulasi panen buah selama delapan kali panen, dengan kisaran antara 77,97 – 364,18 g, sedangkan bobot buah per tanaman dari hibridanya berkisar antara 180,60 – 561,07 g (Tabel 13). Rentang nilai tersebut menunjukkan adanya keragaman genetik pada karakter bobot buah per tanaman baik pada tetua maupun hibrida hasil persilangannya. Tetua dengan nilai DGU tinggi memiliki frekuensi alel menguntungkan yang besar, yang secara konsisten diwariskan kepada seluruh keturunannya. Keunggulan bobot buah pada hibrida tertentu yang melampaui rata-rata tetuanya disebabkan oleh nilai DGK yang positif dan signifikan, hal ini membuktikan bahwa bobot buah per tanaman pada cabai sangat dipengaruhi oleh interaksi dominansi dan epistasis, munculnya heterosis yang kuat pada

karakter ini adalah hasil dari "kecocokan" genetik antar tetua yang saling melengkapi.

Karakter Jumlah Benih

Jumlah benih tetua cabai berkisar antara 31,00 – 68,56, sedangkan rata-rata jumlah benih hasil hibrida berkisar antara 54,11 – 79,50 (Tabel 14). Nilai duga heterosis dan heterobeltiosis seluruh persilangan cabai menunjukkan nilai positif kecuali nilai duga heterobeltiosis kombinasi persilangan Viola x Ungara. Benih memiliki peranan penting dalam upaya peningkatan kuantitas serta kualitas produksi pertanian (Widajati *et al.*, 2017). Peningkatan jumlah biji cabai menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan benih petani. Persilangan dengan nilai heterosis lebih dari 20% memiliki peluang besar untuk merakit varietas hibrida (Kirana dan Sofiari, 2007).

Tabel 13. Rataan bobot buah per tanaman P1, P2, hibrida F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (g)	P2 (g)	F1 (g)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	212,92	91,06	446,73ab	193,92	109,81
Viola x Adelina	77,97	91,06	180,60d	113,68	98,32
Viola x Ungara	77,97	212,92	238,88cd	64,24	12,19
F12.145291 x Adelina	200,22	91,06	359,64bc	146,94	79,62
F12.145291 x Ungara	200,22	212,92	246,34cd	19,25	15,70
F12.145291 x Viola	200,22	77,97	232,33cd	67,03	16,04
F7.110005 x Adelina	364,18	91,06	502,16ab	120,61	37,89
F7.110005 x Ungara	364,18	212,92	561,07a	94,45	54,07
F7.110005 x Viola	364,18	77,97	369,32bc	67,06	1,41
F7.110005 x F12.145291	364,18	200,22	371,82bc	31,76	2,10

Keterangan: P1 : tetua betina, P2 : tetua jantan, F1 : keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 14. Rata-rata jumlah benih P1, P2, hibrida F1 serta nilai heterosis dan heterobeltiosis

Genotipe	P1 (benih)	P2 (benih)	F1 (benih)	Heterosis (%)	Heterobeltiosis (%)
Ungara x Adelina	68,56	31,00	78,31a	57,31	14,22
Viola x Adelina	41,44	31,00	65,61abc	81,13	58,31
Viola x Ungara	41,44	68,56	60,64bc	10,25	-11,55
F12.145291 x Adelina	45,56	31,00	54,11c	41,36	18,78
F12.145291 x Ungara	45,56	68,56	74,72ab	30,96	9,00
F12.145291 x Viola	45,56	41,44	73,42ab	68,77	61,16
F7.110005 x Adelina	64,75	31,00	65,89abc	37,63	112,54
F7.110005 x Ungara	64,75	68,56	79,50a	19,27	15,96
F7.110005 x Viola	64,75	41,44	67,81abc	27,70	4,72
F7.110005 x F12.145291	64,75	45,56	72,83ab	32,06	12,48

Keterangan: P1 : tetua betina, P2 : tetua jantan, F1 : keturunan pertama. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan nilai DGU dan DGK genotipe cabai berbeda sangat nyata pada seluruh peubah. Kontribusi DGU lebih dominan dibandingkan DGK, sehingga pengaruh aditif lebih dominan dibandingkan efek non aditif. Hasil analisis heterosis dan heterobeltiosis menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai DGU terbaik pada karakter tinggi tanaman, diameter batang, lebar tajuk, panjang daun, panjang buah, panjang tangkai buah, bobot buah dan bobot buah per tanaman terdapat pada genotipe F7.110005, diameter buah, tebal daging buah, jumlah benih pada genotipe Ungara, umur berbunga dan umur panen pada genotipe Viola, tinggi dikotomus dan jumlah buah per tanaman pada genotipe F12.145291,

lebar daun pada genotipe Adelina. Genotipe Ungara x Adelina merupakan hasil persilangan dengan nilai GDK, heterosis dan heterobeltiosis positif paling banyak dibandingkan persilangan lain, meskipun tidak selalu menunjukkan nilai paling besar. Genotipe F7.110005 x Adelina memiliki nilai DGK terbesar terbanyak, meskipun pada beberapa karakter nilai heterosis dan heterobeltiosis-nya negatif. Kombinasi persilangan tersebut dapat digunakan untuk pengembangan varietas hibrida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Inovasi IPB University atas pendanaan penelitian Skema Dosen Muda dan

Sekolah Vokasi IPB skema penelitian hibah Sekolah Vokasi IPB University.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhidayah, D., Chozin, M.A., Ritonga, A.W., 2024. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan produksi beberapa genotipe cabai rawit (*Capsicum annuum* L.). *Buletin Agrohorti* 12(1): 40-51.
- Andayani, S.A., 2016. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi cabai merah. *Mimbar Agribisnis* 1(2): 261-268.
- Arif, A.B., Sujiprihati, S., Syukur, M., 2012. Pendugaan heterosis dan heterobeltiosis pada enam genotipe cabai menggunakan analisis silang dialel penuh. *Jurnal Hortikultura* 22(2): 103-110.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2024. Statistik Hortikultura 2023. Jakarta [Internet]. [Diunduh pada 11 Agu 2024]; tersedia pada: <https://www.bps.go.id>.
- Daryanto, A., Sujiprihati, S., Syukur, M., 2010. Heterosis dan daya gabung karakter agronomi cabai (*Capsicum annuum* L.) hasil persilangan half diallel. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)* 38(2), 113-121.
- Gomes, G.P., Zeffa, D., Freiria, G.H., Furlan, F.F., Queiroz, R.A.D, Takahashi, L.S., Gonçalves, L.S., 2020. Diallel analysis of “dedo-de-moça” pepper seeds in relation to physiological potential. *Horticultura Brasileira* 38(3): 301-305.
- Griffing, B., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Sciences* 9(4): 463-493.
- Hariyadi, H., Hidayati, N., Rosawanti, P., Susilo, D.E.H., Arfianto, F., 2023. Hubungan tinggi tanaman, nisbah pucuk akar, diameter batang terhadap berat buah cabai di tanah gambut. *Jurnal Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan* 10(2): 260-269.
- [IPGRI] Internasional Plant Genetic Resources Institute. 1995. Description for *Capsicum* (*Capsicum* sp.). [Internet]. [diunduh 2013 Maret 20]. Tersedia pada: <http://indoplasma.or.id/deskriptor/IPGRI/deskriptorcabe.pdf>.
- Kirana, R., & Sofiari, E., 2007. Heterosis dan heterobeltiosis pada persilangan 5 genotipe cabai dengan metode dialil. *Jurnal Hortikultura* 17(2): 111-117.
- Lagiman, & Supriyanta, B., 2021. *Karakterisasi Morfologi dan Pemuliaan Tanaman Cabai*. 1 penyunt. Yogyakarta: LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Lukmana, M., Supian, S., Indriani, I., Rahmawati, L., Iswahyudi, H., Abdillah, M.H., 2023. Pertumbuhan dan hasil tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.) pada tanah mineral rawa dengan perlakuan sekam padi. *Jurnal Agrisistem* 19(1): 1-8.
- Maramé, F., Dessalegne, L., Fininsa, C., Sigvald, R., 2009. Heterosis and heritability in crosses among Asian and Ethiopian parents of hot pepper genotypes. *Euphytica* 168: 235-247.
- Mardianawati, Y., & Syukur, M., 2016. Heterosis dan daya gabung pada persilangan half diallel cabai besar dan cabai keriting (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Floratek* 11(2): 96-107.
- Ritonga, A.W., Sujiprihati, S., Anggoro, D.P., 2016. Evaluasi pertumbuhan dan daya hasil 9 cabai hibrida. *Jurnal Floratek* 11(2): 108-116.
- Sa'diyah, N., Fitri, A., Rugayah, R., Karyanto, A., 2020. Korelasi dan analisis lintas antara percabangan dengan produksi cabai merah (*Capsicum annuum* L.) hasil iradiasi sinar gamma. *Jurnal Agrotek Tropika* 8(1): 169-176.
- Siahaan, G.F., Chozin, M.A., Syukur, M., Ritonga, A.W., 2022. Perbedaan respon pertumbuhan, fisiologi dan produksi 20 genotipe cabai rawit terhadap berbagai tingkat naungan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)* 50(1): 73-79.

- Soelaiman, V., & Ernawati, A., 2013. Pertumbuhan dan perkembangan cabai keriting (*Capsicum annuum* L.) secara in vitro pada beberapa konsentrasi BAP dan IAA. *Buletin Agrihorti* 1(1): 62-66.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., Yuniarti, R., 2018. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Edisi 3. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Undang, Syukur, M., Wahyu, Y., Qadir, A., Sulassih, Marwiyah, S., Sastrawan, U., 2023. Yield Evaluation of IPB Cayenne Pepper (*Capsicum annuum* L.) to Registration Variety. *Universal Journal of Agricultural Research*, Vol. 11, No. 6, pp. 1102 - 1108, 2023. DOI: 10.13189/ujar.2023.110617.
- Undang, Musyahrani S., Rahayu, A., Yuliawati. 2024^a. Korelasi Antar Uji Mutu Fisiologis Benih Cabai Rawit (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) Metode Tetrazolium dengan Metode Standar. *Jurnal Agronida* ISSN 2407-9111 11 (2).
- Undang, Syukur, M., Wahyu, Y., Qadir, A., 2024^b. Hayman's diallel analysis for physiological traits in chili (*Capsicum annuum* L.) seeds. *SABRAO J. Breed. Genet.* 56(1): 54-64. <http://doi.org/10.54910/sabao2024.56.1.5>.
- Undang, Syukur, M., Wahyu, Y., Qadir, A., Marwiyah, S., Suwarno, P.M., 2025. Seed Diversity Five Species of Chili (*Capsicum* spp.) Based on Morphological Characters and Seed Viability. *J. Hort. Indonesia*, April 2025, 16(1): 47-57. DOI: <https://doi.org/10.29244/jhi.16.1.47-57>.
- Widajati, E., Murniati, E., Palupi, E.R., Kartika, T., Suhartanto, M.R., Qadir, A., 2017. *Dasar ilmu dan teknologi benih*. PT Penerbit IPB Pr.