

Seleksi dan Kemajuan Seleksi Karakter Komponen Hasil pada Persilangan Cabai Keriting dan Cabai Besar

Selection and Selection Advance of Yield Component Character in Curly and Large Chilli Pepper Crossing

Yunandra¹, Muhamad Syukur^{2*}, dan Awang Maharijaya²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 17 Juni 2016/Disetujui 16 Januari 2017

ABSTRACT

Selection is very important activity in plant breeding program. The purpose of this study was to obtain genetic information, heritability and expected genetic advance, and to compare the genetic advance expectations with the selection advance. The research was conducted from September 2013 to November 2015 at Research Station of Leuwikopo, Dramaga, Bogor. Distribution of F2 population data in this study was broader than that of F3 populations. Broad sense heritability estimated by F3 populations showed in agreement to that estimated by F2 population. Character of fruit weight, fruit length, pedicel length and yield had positive value of selection advance appropriate to the genetic advance expectations in F2 populations. The value of heritability estimate and genetic advance were high indicating that the phenotypic variances were controlled by action of additive genes.

Keywords: genetic advance, heritability, selection advance

ABSTRAK

Seleksi merupakan kegiatan yang sangat penting dalam program pemuliaan tanaman. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh galur harapan berdaya hasil tinggi, informasi genetik, heritabilitas, kemajuan genetik harapan, dan membandingkan kemajuan genetik harapan dengan kemajuan seleksi. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan September 2013 sampai November 2015 di Kebun Percobaan Leuwikopo, Dramaga, Bogor. Sebaran data populasi F2 pada penelitian ini lebih besar daripada sebaran data populasi F3. Heritabilitas dalam arti luas populasi F3 sesuai dengan heritabilitas dalam arti luas pada populasi F2. Karakter bobot buah, panjang buah, panjang tangkai buah, dan bobot buah per tanaman memiliki nilai kemajuan seleksi yang positif sesuai dengan kemajuan genetik harapan pada populasi F2. Nilai heritabilitas yang tinggi dengan nilai kemajuan genetik harapan yang tinggi mengindikasikan ragam fenotipe dikendalikan oleh aksi gen aditif sehingga seleksi menjadi lebih efektif.

Kata kunci: heritabilitas, kemajuan genetik, kemajuan seleksi

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu sayuran penting di dunia setelah tomat (Hasanuzzaman dan Golam, 2011). Cabai di Indonesia sering digunakan sebagai bumbu dapur ataupun rempah-rempah dalam masakan. Kebutuhan cabai di Indonesia sebesar 75,761 ton tidak diimbangi dengan produktivitas yang tinggi, yakni sebesar 10.45 ton ha⁻¹ pada tahun 2015 (BPS, 2017). Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas cabai adalah dengan

menyediakan benih bermutu dari varietas unggul (Syukur *et al.*, 2010a).

Perakitan varietas berdaya hasil tinggi dapat dilakukan melalui program pemuliaan tanaman. Kesuksesan dalam program pemuliaan tergantung pada keragaman genetik yang digunakan. Keragaman genetik dapat dibentuk melalui persilangan antara dua tetua. Tetua galur murni atau dalam keadaan homozigot akan menghasilkan turunan F1 heterozigot yang seragam dan segregasi akan terjadi pada generasi F2 (Kirk *et al.*, 2012). Keragaman tertinggi terdapat pada generasi F2, maka dapat dilakukan seleksi untuk mendapatkan calon galur yang berdaya hasil tinggi. Informasi genetik seperti heritabilitas dan kemajuan genetik

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: muhsyukur@ipb.ac.id

sangat penting untuk memperkirakan keterwarisan suatu sifat (Soomro *et al.*, 2010).

Seleksi berperan sangat penting dalam keberhasilan pada kegiatan pemuliaan tanaman. Menurut Syukur *et al.* (2011) seleksi akan efektif jika populasi tersebut mempunyai keragaman genetik yang luas dan heritabilitas yang tinggi. Heritabilitas yang tinggi dapat diartikan penampilan fenotipik lebih dipengaruhi oleh genetik dibandingkan pengaruh lingkungan. Seleksi pada karakter dengan keragaman luas dan heritabilitas tinggi akan menghasilkan kemajuan seleksi atau peningkatan nilai tengah setelah dilakukan seleksi.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik harapan, serta membandingkan kemajuan genetik harapan dengan kemajuan seleksi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2013 sampai dengan bulan November 2015 di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB, Bogor. Rancangan persilangan yang digunakan pada penelitian ini adalah persilangan biparental. Tetua yang digunakan adalah tetua cabai keriting (IPB C120) dan tetua cabai besar (IPB C5). Bahan tanaman yang digunakan adalah tetua persilangan (P1 dan P2) dan turunan pertama (F1) masing-masing ditanam sebanyak 40 tanaman, silang balik ke tetua betina (BCP1) sebanyak 100 tanaman, silang balik ke tetua jantan (BCP2) sebanyak 100 tanaman, turunan kedua (F2) sebanyak 300 tanaman dan turunan ketiga (F3) hasil seleksi dengan intensitas seleksi 10% (1.76) sebanyak 30 galur F3 yang masing-masing digalurkan sebanyak 20 tanaman. Intensitas seleksi pada penelitian ini sebesar 10% dengan kriteria seleksi bobot buah per tanaman, panjang buah, dan jumlah buah. Individu F2 yang memiliki nilai tengah bobot buah per tanaman melebihi tetua cabai besar (IPB C5) dan jumlah buah melebihi tetua cabai keriting (IPB C120) merupakan genotipe yang dipilih untuk dilanjutkan menjadi F3. Individu F2 yang memiliki nilai tengah panjang buah melebihi atau mendekati tetua keriting (IPB C120) merupakan kriteria seleksi untuk karakter panjang buah.

Karakter yang diamati adalah karakter umur berbunga (HST), umur panen (HST), bobot buah (g), diameter buah (mm), tebal daging buah (mm), panjang buah (cm), panjang tangkai buah (cm), jumlah buah (buah), dan bobot buah per tanaman (g per tanaman).

Pendugaan nilai heritabilitas terdiri dari nilai heritabilitas dalam arti luas dan arti sempit. Heritabilitas dalam arti luas mengacu pada Syukur *et al.* (2015) menggunakan rumus
$$h_{bs}^2 = \frac{\sigma^2 F2 - (\sigma^2 F1 + \sigma^2 P1 + \sigma^2 P2) / 3}{\sigma^2 F2}$$
, dimana h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas, $\sigma^2 F2$ = ragam populasi F2, $\sigma^2 F1$ = ragam populasi F1, $\sigma^2 P1$ = ragam populasi P1, dan $\sigma^2 P2$ = ragam populasi P2. Heritabilitas dalam arti sempit mengacu pada Warner (1952) menggunakan

rumus
$$h_{ns}^2 = \frac{2\sigma^2 F2 - (\sigma^2 BCP1 + \sigma^2 BCP2)}{\sigma^2 F2}$$
, dimana h_{ns}^2 = heritabilitas arti sempit, $\sigma^2 F2$ = ragam populasi F2, $\sigma^2 BCP1$

= ragam populasi silang balik ke P1, dan $\sigma^2 BCP2$ = ragam populasi silang balik ke P2.

Seleksi yang dilakukan pada penelitian ini adalah seleksi pedigree. Seleksi ini dilakukan dengan cara memilih tanaman F2 berdaya hasil tinggi lalu digalurkan masing-masing sebanyak 20 tanaman yang merupakan populasi F3. Pendugaan nilai heritabilitas arti luas populasi F3 menggunakan metode Mahmud dan Kramer (1951) yang dimodifikasi dengan memanfaatkan data σ_{P1}^2 , σ_{P2}^2 dan σ_{F3}^2 . Heritabilitas dalam arti luas diduga menggunakan rumus

$$h_{bs}^2 = \frac{\sigma_{F3}^2 - \sqrt{(\sigma_{P1}^2)(\sigma_{P2}^2)}}{\sigma_{F3}^2} \times 100\%$$
 dimana h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas, σ_{F3}^2 = ragam populasi F3, σ_{P1}^2 = ragam tetua P1, σ_{P2}^2 = ragam tetua P2. Pendugaan nilai heritabilitas arti sempit populasi F3 mengacu pada Syukur *et al.* (2015) menggunakan rumus *realized heritability*
$$h_{ns}^2 = \frac{G}{S} = \frac{\bar{x}F3 - \bar{x}F2}{\bar{x}SF2 - \bar{x}F2^2}$$
, dimana h_{ns}^2 = heritabilitas arti sempit, G = kemajuan seleksi, S = differensial seleksi, $\bar{x}F2$ = nilai tengah populasi F2, $\bar{x}SF2$ = nilai tengah tanaman F2 yang terseleksi, $\bar{x}F3$ = nilai tengah populasi F3 yang terseleksi.

Pendugaan nilai kemajuan genetik harapan dan kemajuan seleksi mengacu pada Syukur *et al.* (2015). Kemajuan genetik harapan dihitung menggunakan rumus
$$G = (i) (\sigma_p) (h_{ns}^2)$$
, dimana G = kemajuan genetik harapan, i = intensitas seleksi, σ_p = simpangan baku fenotipe, h_{ns}^2 = heritabilitas arti sempit. Kemajuan seleksi dihitung menggunakan rumus
$$G = \bar{x}F_n - \bar{x}F_{n-1}$$
, $G = \bar{x}F_3 - \bar{x}F_2$, dimana G = kemajuan kemajuan seleksi, $\bar{x}F_3$ = nilai tengah F3, $\bar{x}F_2$ = nilai tengah F2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

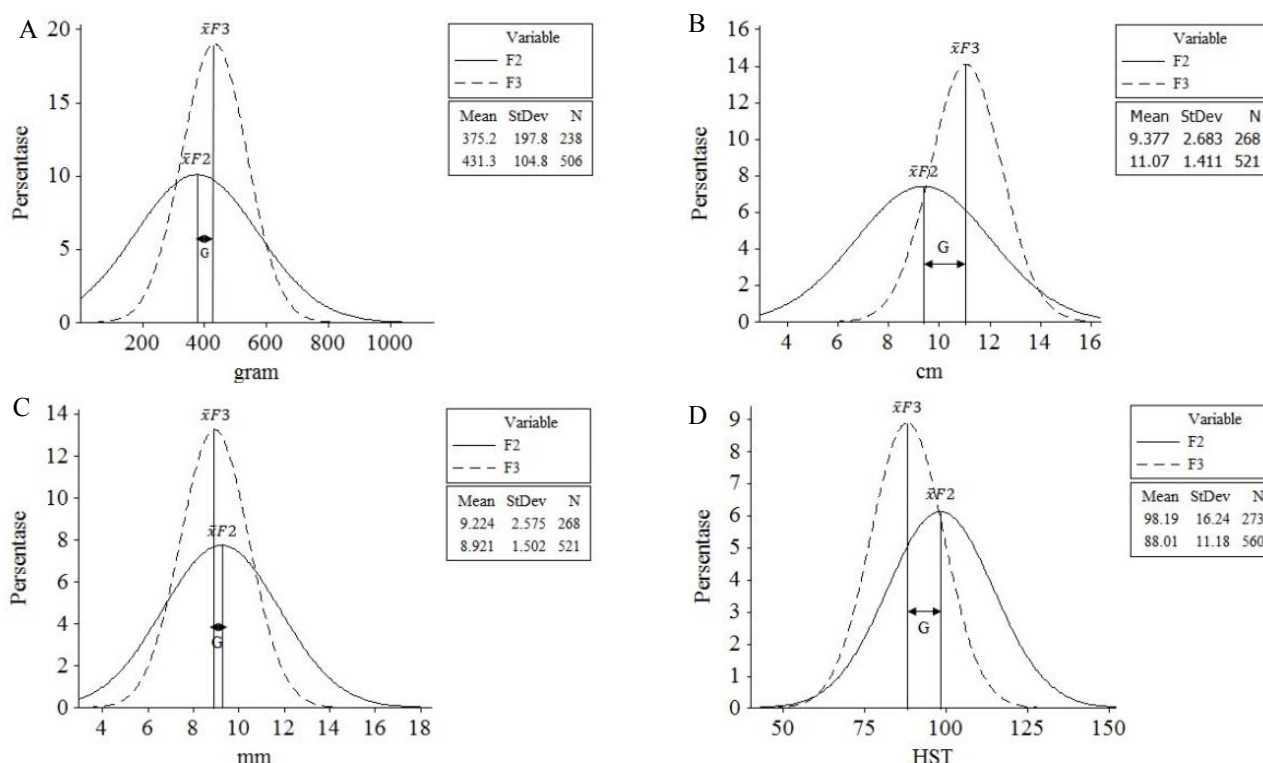
Keragaman Genetik dan Heritabilitas

Selang data populasi F2 pada semua karakter lebih luas dibandingkan dengan selang data populasi F3 yang telah melewati proses seleksi (Tabel 1). Hal ini dapat diartikan bahwa populasi F2 merupakan populasi yang memiliki keragaman tertinggi atau segregasi tertinggi. Menurut Zecevic *et al.* (2011) generasi F2 merupakan generasi yang memiliki rekombinasi gen paling maksimum sehingga pada generasi F2 ini merupakan pilihan terbaik dalam melakukan seleksi untuk kegiatan pemuliaan tanaman. Kegiatan seleksi ini nantinya diharapkan menghasilkan varietas berdaya hasil tinggi.

Penurunan selang F3 atau ragam menjadi lebih sempit pada populasi F3 disebabkan oleh kegiatan seleksi. Nilai tengah karakter bobot buah, panjang buah, panjang tangkai buah dan bobot buah per tanaman pada populasi F3 mengalami peningkatan. Nilai tengah bobot buah mengalami peningkatan dari 4.80 g menjadi 4.86 g, panjang buah dari 9.37 cm menjadi 11.05 cm, panjang tangkai buah dari 3.56 cm menjadi 4.14 cm dan bobot buah per tanaman dari 375.20 g menjadi 431.32 g (Tabel 1). Karakter umur berbunga dan umur panen mengalami penurunan nilai tengah, yakni dari 31.19 HST menjadi 26.28 HST dan 98.19 HST menjadi 88.01 HST. Hal ini berbanding terbalik dengan karakter komponen hasil dikarenakan ingin mendapatkan calon varietas yang memiliki umur genjah.

Tabel 1. Nilai tengah dan selang populasi F2 dan F3

No.	Peubah	Nilai tengah F2	Selang F2	Nilai tengah F3	Selang F3
1	Umur berbunga (HST)	31.19	20-40	26.28	21-34
2	Umur panen (HST)	98.19	70-137	88.01	73-110
3	Bobot buah (g)	4.80	0.75-12.42	4.86	2.26-9.54
4	Diameter buah (mm)	9.22	4.61-18.23	8.94	5.58-15.29
5	Jumlah buah (buah)	115.34	70-202	80.92	31-156
6	Panjang buah (cm)	9.37	3.60-16.07	11.05	6.32-15.13
7	Panjang tangkai buah (cm)	3.56	2.23-5.24	4.14	2.80-5.73
8	Tebal daging buah (mm)	1.23	0.64-2.03	1.18	0.72-2.02
9	Bobot buah per tanaman (g)	375.20	85.63-1090.27	431.32	120.55-860.65



Gambar 1. Sebaran data F2 dan F3 karakter bobot buah per tanaman (A), panjang buah (B), diameter buah (C), dan umur panen (D)

Pergeseran nilai tengah antara F2 dan F3 serta ragam menjadi lebih sempit terlihat pada karakter bobot buah per tanaman dan panjang buah (Gambar 1). Seleksi yang dilakukan pada karakter bobot buah per tanaman dan panjang buah menghasilkan nilai tengah F3 yang lebih baik dibanding F2. Perbedaan kemajuan terjadi pada karakter diameter buah dan umur panen. Karakter diameter buah dan umur panen memberikan kemajuan seleksi negatif. Hasil penelitian Egea-Gilabert *et al.* (2008) menunjukkan bahwa karakter panjang buah juga mengalami nilai tengah F3 yang lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya, sedangkan diameter buah mengalami penurunan nilai tengah dari generasi sebelumnya.

Seleksi karakter diameter buah dilakukan tidak seperti karakter bobot buah per tanaman dan panjang buah yakni dengan memilih nilai tengah yang lebih baik

dibandingkan kedua tetua, sedangkan pada diameter buah memilih individu F2 yang memiliki nilai tengah sedikit lebih baik dari diameter buah tetua keriting (IPB C120). Seleksi ini mengakibatkan penurunan nilai tengah karakter diameter buah pada populasi F3. Karakter umur panen juga memberikan kemajuan seleksi negatif atau penurunan nilai tengah dari F2 pada populasi F3. Perbedaan diantara kedua karakter ini terletak pada saat melakukan penyeleksian, yakni seleksi ke arah kiri atau seleksi negatif. Seleksi karakter tersebut memilih individu yang memiliki nilai tengah lebih rendah dibandingkan tetuanya, karena melalui seleksi ini diharapkan memperoleh calon varietas yang memiliki umur genjah.

Perbandingan nilai heritabilitas dalam arti luas dan sempit populasi F2 dan F3 disajikan pada Tabel 2. Heritabilitas arti luas F2 pada semua karakter berada pada

kisaran tinggi, kecuali karakter panjang tangkai buah dan tebal daging buah yang berada kisaran sedang. Hal yang sama ditunjukkan oleh heritabilitas dalam arti luas pada populasi F3, pada semua karakter masih dalam kategori yang sama walaupun mengalami penurunan dari nilai heritabilitas dalam arti luas pada populasi F2. Hal ini menunjukkan bahwa heritabilitas yang diduga pada populasi F2 sudah tepat atau sesuai dengan pendugaan. Beberapa penelitian cabai juga menunjukkan bahwa nilai heritabilitas dalam arti luas yang tinggi pada umur berbunga (Singh *et al.*, 2014; Syukur dan Rosidah, 2014), umur panen (Nsabiera *et al.*, 2013), bobot per buah (Syukur *et al.*, 2010b), panjang buah, dan diameter buah (Santos *et al.*, 2014), jumlah buah (Widyawati *et al.*, 2014) dan bobot buah per tanaman (Syukur *et al.*, 2010b).

Heritabilitas arti sempit karakter umur panen dan jumlah buah pada populasi F2 nilainya jauh lebih rendah dibandingkan heritabilitas arti luas (Tabel 2). Beberapa penelitian juga menunjukkan hasil yang sama pada karakter jumlah buah (Marama *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2014). Hal ini menunjukkan proporsi ragam aditif lebih kecil dibandingkan ragam dominan dan dapat juga diartikan aksi gen dominan yang lebih berperan dalam pewarisan karakter jumlah buah tersebut.

Nilai heritabilitas dugaan baik dalam arti luas maupun sempit memiliki pola yang sama dengan heritabilitas dalam arti luas dan sempit (*realized heritability*) populasi F3 pada karakter bobot buah per tanaman dan panjang buah (Tabel 2). Pola heritabilitas yang sama tersebut dikarenakan kedua karakter ini merupakan karakter yang menjadi kriteria seleksi. Heritabilitas arti sempit (*realized heritability*) pada populasi F3 berkaitan langsung dengan kegiatan seleksi, hal ini dikarenakan untuk menduga heritabilitas arti sempit pada populasi F3 memanfaatkan data kemajuan seleksi dan diferensial seleksi.

Karakter lain seperti umur berbunga, umur panen, bobot buah, diameter buah, panjang tangkai buah, dan tebal daging buah yang merupakan komponen hasil memiliki pola heritabilitas yang tidak sama dikarenakan karakter-karakter ini mengikuti nilai genotipe terseleksi berdasarkan kriteria

seleksi. Nilai heritabilitas dalam arti sempit pada populasi F3 pada karakter jumlah buah negatif disebabkan aksi gen dominan lebih berperan dibandingkan aditif (Hasanuzzaman dan Golam, 2011), sehingga populasi F3 terpilih masih bersegregasi. Hal ini menyebabkan nilai tengah populasi F3 menjadi lebih rendah dibandingkan dengan F2 terseleksi, secara tidak langsung nilai *realized heritability* menjadi negatif atau dianggap menjadi 0.

Kemajuan Genetik Harapan dan Kemajuan Seleksi

Perbandingan nilai kemajuan genetik harapan dan kemajuan seleksi disajikan pada Tabel 3. Menurut Soomro *et al.* (2010) nilai heritabilitas dan kemajuan genetik harapan yang tinggi kemungkinan aksi gen aditif yang berperan dalam seleksi sehingga kegiatan seleksi menjadi efektif. Perolehan kemajuan seleksi pada populasi F3 mendekati dugaan kemajuan genetik harapan, tetapi pada beberapa karakter menunjukkan perolehan kemajuan seleksi yang negatif. Hasil perhitungan kemajuan genetik harapan yang paling tinggi terdapat pada karakter bobot buah per tanaman, yakni sebesar 77.39 g. Perolehan kemajuan seleksi bobot buah per tanaman memang tidak sebaik kemajuan genetik harapan, akan tetapi masih dapat dikategorikan cukup tinggi yakni sebesar 56.11 g.

Nilai kemajuan seleksi yang lebih baik dibandingkan dengan nilai duga kemajuan genetik harapan hanya terdapat pada karakter panjang tangkai buah yaitu sebesar 0.57 cm dengan nilai duga kemajuan genetik harapan sebesar 0.27cm. Karakter bobot buah dan panjang buah memiliki nilai kemajuan seleksi yang tidak sebaik nilai kemajuan genetik harapan, namun masih bernilai positif. kemajuan genetik harapan bobot buah sebesar 1.90 g dengan perolehan kemajuan seleksi sebesar 0.04 g, sedangkan kemajuan genetik harapan panjang buah sebesar 2.68 cm dengan perolehan kemajuan seleksi sebesar 1.69 cm.

Karakter diameter buah, jumlah buah, dan tebal daging buah memiliki nilai kemajuan seleksi yang tidak sebaik nilai kemajuan genetik harapan dan bernilai negatif. Nilai

Tabel 2. Nilai heritabilitas dalam arti luas dan sempit

No.	Peubah	h^2_{bs} F2	h^2_{bs} F3	h^2_{ns} F2 (Dugaan)	h^2_{ns} F3 (Realized)
1	Umur berbunga	50.42	53.80	21.78	436.42(a)
2	Umur panen	89.37	51.10	28.83	73.27
3	Bobot buah	72.05	58.44	46.24	1.53
4	Diameter buah	70.96	57.23	48.13	-12.47(b)
5	Jumlah buah	60.00	73.06	18.45	-93.98(b)
6	Panjang buah	80.90	51.38	56.84	51.82
7	Panjang tangkai buah	49.03	48.11	27.25	113.59(a)
8	Tebal daging buah	36.78	36.01	33.33	-23.74(b)
9	Bobot buah per tanaman	59.87	50.07	22.23	18.50

Keterangan: (a) = Nilai heritabilitas yang melebihi 100 dianggap nilai $h^2_{ns} = 100$, (b) = nilai heritabilitas yang kurang dari 0 dianggap nilai $h^2_{ns} = 0$

Tabel 3. Kemajuan genetik harapan dan kemajuan seleksi

No.	Peubah	Kemajuan genetik harapan	Kemajuan seleksi
1	Umur berbunga (HST)	3.09	-4.91
2	Umur panen (HST)	24.98	-10.63
3	Bobot buah (g)	1.90	0.04
4	Diameter buah (mm)	2.18	-0.30
5	Jumlah buah (buah)	10.44	-34.42
6	Panjang buah (cm)	2.68	1.69
7	Panjang tangkai buah (cm)	0.27	0.57
8	Tebal daging buah (mm)	0.15	-0.05
9	Bobot buah per tanaman (g)	77.39	56.11

kemajuan genetik harapan diameter buah 2.18 mm dengan perolehan kemajuan seleksi sebesar -0.30 mm, kemajuan genetik harapan jumlah buah 10.44 buah dengan perolehan kemajuan seleksi sebesar -34.42 buah, dan kemajuan genetik harapan tebal daging buah 0.150 mm dengan perolehan kemajuan seleksi sebesar -0.05 mm (Tabel 3). Perolehan kemajuan seleksi yang negatif ini diduga akibat dari seleksi yang dilakukan. Selain itu, Osekita dan Olorunfemi (2014) menyatakan bahwa nilai duga heritabilitas yang tinggi dengan nilai duga kemajuan genetik harapan yang rendah mengindikasikan bahwa karakter tersebut kemungkinan besar dikendalikan oleh aksi gen non aditif atau dominan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai dugaan kemajuan seleksi karakter yang menjadi kriteria seleksi akan sama atau mendekati kemajuan seleksi sebenarnya pada populasi selanjutnya. Kemajuan seleksi karakter tersebut akan lebih baik apabila aksi gen aditif lebih berperan dalam pewarisan dengan nilai heritabilitas tinggi.

KESIMPULAN

Pendugaan nilai heritabilitas arti luas pada populasi F2 menunjukkan kesesuaian dengan nilai heritabilitas arti luas populasi F3. Nilai heritabilitas tinggi dengan kemajuan genetik harapan yang tinggi mengindikasikan bahwa ragam fenotipe dikendalikan oleh aksi gen aditif. Seleksi pada karakter yang memiliki nilai tengah lebih baik dari tetua dengan nilai heritabilitas arti sempit yang tinggi akan menghasilkan kemajuan seleksi yang baik pula. Pendugaan kemajuan seleksi awal generasi akan menghasilkan kemajuan seleksi yang sesuai atau mendekati pada generasi selanjutnya apabila karakter tersebut dikendalikan aksi gen aditif dengan heritabilitas tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas dukungan dana penelitian dalam skema Hibah Kompetensi DIKTI tahun 2014 dan 2015 dengan No. kontrak 51/IT3.II/LT/2014 dan 083/SP2.H/PL/Ditlibamas/II/2015 a.n. Muhamad Syukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. Luas panen, produksi dan produktivitas cabai tahun 2014. <http://bps.go.id/>. [17 Februari 2017].
- Egea-Gilabert C., G. Bilotti, M.E. Requena, M. Ezziyani, J.M. Vivo-Molina, M.E. Candela. 2008. Pepper morphological traits related with resistance to *Phytophthora capsici*. *Bio. Plant.* 52:105-109.
- Hasanuzzaman, M., F. Golam. 2011. Gene actions involved in yield and yield contributing traits of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Aust. J. Crop Sci.* 13:1868-1875.
- Kirk, H., D. Cheng, Y.H. Choi, K. Vrieling, P.G.L. Klinkhamer. 2012. Transgressive segregation of primary and secondary metabolites in F2 hybrids between *Jacobaea aquatica* and *J. vulgaris*. *Metabolomics* 8:211-219.
- Mahmud, I., H.H. Kramer. 1951. Segregation for yield, height, and maturity following a soybean cross. *Agron. J.* 43:605-609.
- Marama, F., L. Desalegne, H. Singh, C. Fininsa, R. Sigvald. 2008. Genetic components and heritability of yield and yield related traits in hot pepper. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 4:803-809.
- Nsabiera, V., M. Ochwo-Ssemakula, M. Seruwagi, P. Ojiewo, P. Gipson. 2013. Combining ability for yield resistance to disease, fruit yield and yield factors among hot pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes in Uganda. *Internat. J. Plant Breeding* 7:12-21.
- Osekita, O.S., O. Olorunfemi. 2014. Quantitative genetic variation, heritability and genetic advance in the segregating F3 populations in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Internat. J. Adv. Res.* 2:82-89.

- Santos, R.M.C., E.R. do Rêgo, A. Borém, M.F. Nascimento, N.F.F. Nascimento, F.L. Finger, M.M. Rêgo. 2014. Epistasis and inheritance of plant habit and fruit quality traits in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genet. Mol. Res.* 13:8876-8887.
- Sharma, V.K., C.S. Semwal, S.P. Uniyal. 2010. Genetic variability and character association analysis in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Forestry* 2:058-065.
- Singh, P., D.S. Cheema, M.S. Dhaliwal, N. Garg. 2014. Heterosis and combining ability for earliness, plant growth, yield and fruit attributes in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) involving genetic and cytoplasmic-genetic male sterile lines. *Sci. Hort.* 168:175-188.
- Soomro, Z.A., M.B. Kumbhar, A.S. Larik, M. Imran, S.A. Brohi. 2010. Heritability and selection response in segregating generations of upland cotton. *Pakistan J. Agric. Res.* 23:25-30.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, D.A. Kusumah. 2010a. Evaluasi daya hasil cabai hibrida dan daya adaptasinya di empat lokasi dalam dua tahun. *J. Agron. Indonesia* 38:43-51.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, K. Nida. 2010b. Pendugaan komponen ragam, heritabilitas dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi cabai (*Capsicum annuum* L.) populasi F5. *J. Hort. Indonesia* 1:74-80.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, D.A. Kusumah. 2011. Pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil beberapa genotipe cabai. *J. Agrivigor* 10:148-156.
- Syukur, M., S Rosidah. 2014. Estimation of genetic parameter for quantitative characters of pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Trop. Crop Sci.* 1:1-7.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti. 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman. Edisi Revisi. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Warner, J.N. 1952. A method of estimating heritability. *Agron. J.* 44:427-430.
- Widyawati, Z., I. Yulianah, Respatijarti. 2014. Heritabilitas dan kemajuan genetik harapan populasi F2 pada tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.). *J. Produksi Tanaman* 2:247-252.
- Zecevic, B., R. Dordevic, A. Balkaya, J. Damnjanovic, M. Dordevic, A. Vujoševic. 2011. Influence of parental germplasm for fruit characters in F1, F2 and F3 generations of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genetika* 43:209-216.