

PENDUGAAN KERAGAMAN GENETIK DAN HERITABILITAS JAGUNG HIBRIDA SILANG PUNCAK PADA PERLAKUAN CEKAMAN KEKERINGAN

Genetic Variability and Heritability Estimation of Hybrid Maize Top Crosses Under Drought Stress

Adriani A¹, M. Azrai², W. B. Suwarno³, S. H. Sutjahjo²

¹Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian YAPIM, Jl. Dr. Ratulangi No. Maros.

²Balai Penelitian Tanaman Serealia, Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Maros.

³Institute Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor

Telp. (0411) 371529-371016, Fax. (0411) 371961

E-mail: azraimulia@gmail.com

(Makalah diterima, 4 Februari 2015 – Disetujui, 18 Juni 2015)

ABSTRAK

Perakitan jagung toleran kekeringan diperlukan untuk perluasan jagung di lahan kering marjinal, terutama di luar Jawa. Penelitian bertujuan untuk mengetahui penampilan agronomi, keragaman genetik dan heritabilitas jagung hibrida silang puncak gabungan lokasi pengujian di Probolinggo dan Gowa pada musim kemarau. Penelitian ditata dengan rancangan acak kelompok, dua ulangan. Hasil analisis gabungan menunjukkan terdapat interaksi nyata antara genetik dan lokasi terhadap karakter umur panen, panjang tongkol dan bobot 1.000 biji, serta berpengaruh sangat nyata terhadap karakter persentase tanaman tumbuh, umur berbunga, penutupan klobot dan penggulangan daun, penampilan tongkol, persentase dan bobot tongkol panen serta hasil panen biji. Keragaman genetik kedua set hibrida silang puncak tergolong luas untuk karakter hasil panen biji, bobot tongkol panen, rendemen biji, jumlah baris biji per tongkol dan penampilan tongkol. Nilai heritabilitas kedua set hibrida silang puncak tergolong sedang untuk karakter hasil panen biji, bobot tongkol panen, rendemen biji, jumlah baris biji per tongkol, sedangkan untuk penampilan tongkol tergolong luas. Seleksi berdasarkan karakter hasil panen biji dengan intensitas rendah ($\geq 10\%$ - $< 20\%$) sudah dapat diterapkan pada generasi *selfing* kedua (S2), ketiga (S3) dan generasi berikutnya.

Kata kunci: Jagung hibrida, silang puncak, keragaman genetik, heritabilitas

ABSTRACT

Development of maize varieties tolerant to drought is very important to extensification program in dry marginal lands, especially outside Java. The research objective was to evaluate the agronomic performance, genetic variabilities and heritabilities of hybrid maize top crosses at Probolinggo and Gowa during dry season. A randomized complete block design with two replications was applied to each location. The combined analysis of variance showed that hybrid x location interaction was significant for harvesting date, corncob length, 1000 grain weight, and highly significant for flowering date, leaf curling, husk cover aspect, corncob aspect, plant harvested, weight of corncob harvested and grain yield. The genetic variance was considered broad for grain yield, weight of corncob harvested, shalling percentage, number of grain rows per corncob, and corncob aspect. Heritability values in combined location analysis were high for shalling percentage; medium for grain yield, weight of corncob harvested, shalling number of grain rows per corncob and corncob aspect; but for the other characteristics they were low. Low selection intensity ($\geq 10\%$) can be applied in this generation (S2), but strong selection intensity ($\geq 20\%$) can be applied in the next generation ($\geq S3$).

Key words: Maize, top crosses, genetic variabilities, heritabilities

PENDAHULUAN

Jagung merupakan bahan pangan utama setelah padi. Kebutuhan jagung nasional semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan industri pakan dan pangan. Dalam periode 2009 – 2013, produksi jagung di Indonesia mengalami fluktuasi, produksi terendah 17,64 juta ton terjadi pada tahun 2011 dan tertinggi 19,39 juta ton pada tahun 2012 dengan laju pertumbuhan 1,89% per tahun (BPS, 2014). Namun demikian, pertumbuhan produksi tersebut belum mencukupi kebutuhan nasional sehingga masih dilakukan impor.

Beberapa faktor penyebab rendahnya produksi jagung nasional diantaranya adalah produktivitas yang masih rendah, alih fungsi lahan, pergeseran areal tanam dari lahan subur ke lahan marjinal di luar Jawa yang pada umumnya miskin hara, dan sering dilanda kekeringan (Azrai, 2013). Kebutuhan air tanaman jagung per siklus produksi secara normal berkisar antara 400 – 600 mm (Bray, 1997; Farhad *et al.*, 2011).

Perakitan varietas jagung hibrida unggul baru toleran kekeringan dan berpotensi hasil tinggi merupakan salah satu alternatif upaya peningkatan produktivitas jagung pada lahan-lahan kering yang pada umumnya memiliki sumber air yang terbatas. Varietas jagung hibrida unggul dan berdaya hasil tinggi dapat diperoleh melalui persilangan dari galur-galur yang berasal dari populasi dasar dengan variabilitas genetik yang luas. Populasi dasar dapat dibentuk dari varietas atau gabungan varietas, hibrida dan galur berkerabatan jauh dan mengandung gen-gen untuk suatu karakter yang diinginkan. Penerapan seleksi untuk karakter yang diinginkan pada individu tanaman seperti hasil tinggi, toleran cekaman abiotis atau tahan terhadap organisme pengganggu tumbuhan tertentu dilakukan secara bertahap atau simultan pada setiap tahap pembentukan galur.

Syarat utama yang diperlukan untuk merakit varietas unggul baru toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi adalah tersedianya materi genetik yang memiliki variabilitas yang luas. Variabilitas genetik timbul dari gen-gen yang bersegregasi dan berinteraksi dengan gen lain. Segregasi yang besar dari sejumlah gen masih terjadi pada individu-individu generasi awal sehingga tingkat heterosigositasnya juga tinggi (Crowder, 1988).

Perbaikan genetik suatu populasi akan berhasil bila dalam populasi tersebut terdapat variabilitas genetik. Semakin besar proporsi variabilitas genetik dari variabilitas total atau heritabilitas, makin mudah dilakukan seleksi. Sebaliknya, semakin rendah heritabilitas makin sulit memperoleh kemajuan genetik. Heritabilitas merupakan pendugaan yang mengukur fenotipe yang tampak sebagai akibat refleksi genotipe, atau hubungan

antara ragam genetik dengan ragam fenotipeiknya (Fehr, 1987). Nilai duga heritabilitas yang tinggi untuk suatu karakter menunjukkan faktor genetik lebih berperan dalam mengekspresikan penampilan karakter tersebut dibandingkan dengan faktor lingkungan. Sebaliknya, bila nilai duga heritabilitas rendah, maka faktor lingkungan lebih berperan daripada genetik. Namun demikian, tidak semua komponen variabilitas genetik berkontribusi nyata dalam pembentukan galur. Keberhasilan setiap tahapan seleksi juga ditentukan oleh ragam aditif dari karakter yang akan diseleksi pada suatu populasi, sehingga memberikan kemajuan genetik secara nyata terhadap karakter yang diinginkan (Hapsari dan Adhie, 2010; Azrai *et al.*, 2014). Estimasi ragam aditif dapat dilakukan melalui uji turunan minimal dua lokasi untuk menguraikan galat yang ditimbulkan karena pengaruh lingkungan dari nilai total galat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penampilan fenotipeik, dan mengestimasi variabilitas interaksi genetik dan lingkungan, variabilitas fenotipeik dan nilai duga heritabilitas beberapa karakter agronomi hibrida silang puncak pada kondisi tercekam kekeringan.

METODOLOGI

Materi

Materi genetik yang digunakan pada penelitian ini adalah 79 hibrida silang puncak progeny CML 505/ Nei9008DMR + 2 hibrida sebagai tetua silang puncaknya (P21 dan Bima 11) serta dua varietas jagung hibrida pembanding (Bisi 2 dan Bima 3). Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP). Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi), Probolinggo, Jatim dan KP. Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal), Bajeng, Gowa, pada MK 2013. Kedua lokasi tersebut merupakan lahan kering yang memiliki fasilitas pengairan semi teknis sehingga memudahkan pengaturan air untuk evaluasi cekaman kekeringan pada musim kemarau. Selain itu, jenis tanah dan tipe iklimnya berbeda. Bajeng memiliki jenis tanah Ultisol dengan tipe iklim C3, sedangkan Muneng, Probolinggo, memiliki jenis tanah Andosol dengan tipe iklim E1 menurut klasifikasi iklim Oldeman. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Acak Kelompok, dua ulangan. Ukuran petak 1,5 m x 5 m, ditanam dua biji per lubang. Pemupukan pertama dilakukan pada 7 hari setelah tanam dengan dosis masing-masing 300 kg NPK Phonska/ha dan 100 kg urea/ha. Pada umur 10 hari setelah tanam, jumlah tanaman per baris diperjarang dengan menyisakan 25 tanaman. Pemupukan kedua dilakukan pada umur 35 hari setelah tanam dengan dosis masing-masing 100 kg NPK Phonska/ha dan 200 kg urea/ha. Penyiangan dan pembumbunan dilakukan secara optimal. Perlakuan cekaman kekeringan sedang

yaitu pemberian air dihentikan pada saat tanaman berumur 35 hari setelah tanam, kemudian diiri satu kali setelah selesai fase pembungaan. Metode pengujian merujuk pada standar yang digunakan oleh Blum (2005) dan Banzinger *et al.* (2000).

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan sebelum panen dilakukan terhadap karakter: persentase tanaman tumbuh; umur 50% berbunga jantan dan betina; selang waktu berbunga jantan dan betina; tinggi tanaman dan letak tongkol setelah fase pollinasi; skoring penampilan tanaman pada saat berumur 75 HST, penggulungan daun pada saat 50% tanaman mengalami pollinasi (skor 1 jika daun normal atau tidak menggulung, skor 2 jika daun kelihatan mulai menggulung, skor 3 jika bagian tengah menggulung dan ujungnya berbentuk V, skor 4 jika daun menggulung menutupi bagian lidah daun, dan skor 5 jika daun menggulung seperti bawang) (CIMMYT 1994 dan Zaidi *et al.*, 2007). Pengamatan setelah panen dilakukan terhadap karakter bobot tongkol kupasan basah; penampilan tongkol setelah panen (skor 1 = penampilan terbaik – skor 5 = terjelek); kadar air saat panen; rendemen biji pada 10 tongkol sampel; bobot 1.000 biji, panjang dan diameter tongkol; jumlah baris per tongkol dan jumlah per baris per tongkol serta hasil panen pada kadar air 15% menggunakan persamaan (Sujiprihati *et al.*, 2006):

$$Y = \frac{10000}{LPPn} \times \frac{(100 - KaP\%)}{(100 - 5\%)} \times BTKpn \times RBj$$

Keterangan :

- Y = Hasil panen (t/ha)
- LPPn = Luas petak panen (m²)
- KaP = Kadar air biji saat panen (%).
- BTKpn = Bobot tongkol kupasan basah (kg)
- RBj. = Rendemen bobot biji dari sampel tongkol panen

Analisis data menggunakan program CropStat untuk Windows Versi 7.2.2007.3 (IRRI, 2007). Data dianalisis per lokasi dan gabungan kedua lokasi berdasarkan model persamaan linear rancangan acak kelompok sebagai berikut (Baihaki dan Wicaksono, 2005):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_{k(j)} + G_i + L_j + (G \times L)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dimana :

- Y_{ijk} = nilai karakter untuk genotipe ke-i dalam ulangan ke-k dan lokasi ke-j.
- μ = nilai tengah populasi
- β_{k(j)} = pengaruh ulangan ke-k dalam lokasi ke-j
- G_i = pengaruh genetik untuk genotipe ke-i
- L_j = pengaruh lokasi ke-j
- (GL)_{ij} = interaksi genetik untuk genotipe ke-i dengan lokasi ke-j
- ε_{ijk} = pengaruh galat percobaan dari genotipe ke-i pada ulangan ke-k dan lokasi ke-j

Berdasarkan model linear tersebut, disusun analisis ragam gabungan untuk dua lokasi seperti pada Tabel 1 (Liu, 1998).

Untuk mengetahui lokasi, genotipe dan interaksi genotipe dan lingkungan berbeda nyata, dapat dilihat nilai F hitungnya. Jika nilai F hitung > nilai F Tabel pada taraf α_{0.01} atau α_{0.05} maka perlakuan tersebut dinyatakan berbeda sangat nyata atau nyata. Estimasi ragam genetik, fenotipee dan interaksi ragam genetik dengan lingkungan berdasarkan Tabel 1 adalah sebagai berikut (Bernardo, 2002):

$$\sigma_g^2 = \frac{M_3 - M_2}{t}$$

$$\sigma_l^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\sigma_e^2 = M_1$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{gl}^2 / t + \sigma_e^2 / r$$

Tabel 1. Analisis Ragam gabungan di dua lokasi pengujian jagung hibrida menggunakan model random

Sumber variasi	Derajat bebas (DB)	Ragam MS	Nilai harapan kuadrat tengah	F.Hitung
Lokasi	l - 1	M ₅	$\sigma_e^2 + g\sigma^2 r / l + g \sigma^2 l$	M ₅ /M ₄
Ulangan / lokasi	l (r - 1)	M ₄	$\sigma_e^2 + g\sigma^2 r / l$	
Genotipe	g - 1	M ₃	$\sigma_e^2 + r\sigma^2 g + t \sigma^2 g$	M ₃ /M ₂
Genotipe x lokasi.	(g - 1)(l - 1)	M ₂	$\sigma_e^2 + r\sigma^2 g$	M ₂ /M ₁
Galat	l (g - 1)(r - 1)	M ₁	σ_e^2	
Total	lg r - 1			

Keterangan: r = ulangan; g = genotipe; l = lokasi.

Nilai keragaman genetik suatu karakter ditentukan berdasarkan ragam genetik (σ_g^2) dan standar deviasi ragam genetik ($\sigma_{\sigma_g^2}$) sebagai berikut (Hallauer dan Miranda, 1995):

$$\sigma_{\sigma_g^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left(\frac{M_3^2}{dbgenotipe + 2} + \frac{M_2^2}{dbgenotipexlingkungan + 2} \right)}$$

Nilai heritabilitas dalam arti luas (H) didefinisikan sebagai perbandingan antara ragam genetik dan ragam fenotipe (σ_f^2) yang diestimasi menggunakan formula sebagai berikut (Darrah dan Mukuru, 1977) :

$$H = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Nilai heritabilitas dikelompokkan sebagai berikut (Petersen, 1994):

- heritabilitas rendah: < 20%
- heritabilitas sedang: 20% – 50%
- heritabilitas tinggi : 50% < H ≤ 100%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam gabungan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa lokasi berpengaruh nyata hingga sangat nyata terhadap karakter agronomi dan komponen hasil panen, kecuali persentase tanaman tumbuh, umur 50% berbunga jantan, umur panen, tinggi tanaman, posisi letak tongkol, penampilan tanaman, kadar air, rendemen biji dan jumlah baris biji per tongkol. Hal ini merupakan salah satu indikator perbedaan lingkungan tumbuh antara percobaan di KP. Muneng dan di KP. Bajeng. Sejak tanam hingga panen, tidak pernah turun hujan sehingga perlakuan cekaman kekeringan berjalan dengan baik.

Pengaruh nyata hibrida tampak pada karakter selang waktu umur berbunga jantan dan betina, kandungan klorofil daun serta diameter tongkol, sedangkan pengaruh sangat nyata tampak pada karakter tinggi tanaman, persentase dan bobot tongkol panen, rendemen dan hasil panen biji pada kadar air 15% serta jumlah baris biji per tongkol. Pengaruh nyata atau sangat nyata tersebut untuk beberapa karakter menunjukkan keragaman genetik antar hibrida silang puncak pada kedua lingkungan tumbuh.

Interaksi hibrida silang puncak dan lokasi berpengaruh nyata terhadap karakter umur panen, panjang tongkol dan bobot 1.000 biji, sedangkan pengaruh sangat nyata ditunjukkan oleh karakter persentase tanaman tumbuh, umur 50% berbunga jantan dan betina, penutupan klobot dan penggulungan daun, penampilan tongkol, persentase dan bobot tongkol panen serta hasil panen biji pada

kadar air 15%. Pengaruh interaksi hibrida x lokasi yang nyata atau sangat nyata menunjukkan bahwa hibrida silang puncak memberikan penampilan yang tidak konsisten pada kedua lingkungan tumbuh yang berbeda. Interaksi genotipee x lingkungan pada pemuliaan tanaman merupakan gambaran kegagalan genotipee untuk berpenampilan sama pada kondisi lingkungan yang berbeda (Azrai *et al.*, 2006). Dengan nilai koefisien ragam gabungan < 20% untuk semua parameter yang diamati, kecuali karakter selang berbunga jantan dan betina (21,2%), menunjukkan bahwa penelitian berjalan dengan baik dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Nilai koefisien selang berbunga pada umumnya tinggi dan bahkan sering dilakukan transformasi untuk normalisasi data.

Nilai tengah dan interval penampilan karakter agronomi, hasil dan komponen hasil hibrida silang puncak dan varietas pembanding disajikan pada Tabel 3. Secara umum tampak bahwa pertumbuhan tanaman cukup baik dengan tanaman tumbuh > 80%, nilai tengah 95,5% untuk hibrida silang puncak galur S2/P21 dan 93,51 untuk hibrida silang puncak galur S2/Bima 11. Demikian pula pertumbuhan tetua silang puncak P21 dan Bima 11 serta kedua varietas pembanding Bisi 2 dan Bima 3 yang memiliki pertumbuhan cukup baik.

Karakter umur berbunga sangat penting diamati untuk mengetahui sinkronisasi penyerbukan dengan menggunakan peubah selang waktu umur berbunga jantan dan betina. Semakin kecil nilai selang waktu berbunga jantan dan betina, semakin sempurna penyerbukan sehingga berpengaruh pada pengisian biji. Jumlah biji yang terbentuk ditentukan oleh jumlah rambut yang diserbuki oleh serbuk sari. Oleh karena itu, karakter ini sangat penting digunakan sebagai parameter seleksi genotipe toleran kekeringan (Banzinger *et al.*, 2000; Efendy dan Azrai, 2010a). Nilai interval selang waktu umur berbunga jantan dan betina hibrida silang puncak galur S2/P21 adalah 2,8 - 4,8 hari dengan nilai tengah $3,57 \pm 0,35$ hari, sedangkan pada galur hibrida silang puncak galur S2/Bima 11 adalah 2,0 - 5,3 hari dengan nilai tengah $3,78 \pm 0,39$ hari. Nilai interval waktu umur berbunga jantan dan betina cukup lebar, sejalan dengan nilai kuadrat tengahnya, dimana hibrida berpengaruh nyata untuk karakter tersebut (Tabel 2). Karakter umur berbunga juga berkaitan dengan umur panen. Pada penelitian ini, hibrida silang puncak, tetua silang puncak dan kedua varietas pembanding tergolong berumur sedang berdasarkan klasifikasi umur panen tanaman jagung dataran rendah yang dapat dipanen pada umur 91-110 hari setelah tanam (Azrai, 2013).

Tinggi tanaman hibrida silang puncak galur S2/P21 berkisar antara 165,4-195,4 cm dengan nilai tengah $179,9 \pm 5,55$ cm, sedangkan hibrida silang puncak galur

Tabel 2. Kuadrat tengah gabungan karakter agronomi, hasil dan komponen hasil jagung hibrida silang puncak dan varietas pembanding di Muneng-Probolinggo dan Bajeng-Gowa, MK 2013.

Karakter	Sumber keragaman						KK (%)
	Lokasi (L)	Replikasi/L	Hibrida (H)	H x L	Galat	Total	
%Tanam tumb	622,69	98,410	63,388	53,712**	29,98	45,34	5,8
50% umur ♂	9,506	2,066	3,514	3,808**	2,185	2,931	2,8
50% umur ♀	112,224*	2,356	3,326	2,989**	1,756	2,628	2,3
Selang ♂&♀	56,407*	1,216	0,864*	0,601	0,606	0,758	21,2
Umur panen	52,041	91,860	7,291	6,105*	3,994	5,690	2,1
Tinggi tanaman	91,948	8959,6	205,4**	132,36	124,0	173,9	6,3
Tinggi tongkol	3101,1	3522,0	97,49	80,121	64,94	92,39	8,7
Asp. tanaman	0,592	1,054	0,260	0,223	0,201	0,225	15,2
Skor pen klobot	16,256**	0,207	0,207	0,233**	0,145	0,208	19,4
Skor pengg daun	23,543*	0,479	0,256	0,214**	0,149	0,229	15,0
Aspek tongkol	11,157**	0,119	0,620**	0,338**	0,206	0,359	17,1
Klorofil daun	5,675,61**	6,794	41,654*	31,014*	23,23	38,55	9,3
%Tongkol panen	49034,9*	819,1	353,17**	237,4**	79,82	265,97	11,7
Hasil panen biji	180,025**	0,176	1,215**	0,508**	0,395	0,908	18,2
Bbt tongk panen	150,302**	0,578	0,738**	0,359**	0,263	0,641	16,8
Kadar air panen	126,57	72,733	7,526	6,078	6,857	7,223	9,1
Rendemen biji	0,0005	0,007	0,004**	0,001	0,001	0,002	5,0
Panjang tongkol	3,499,74**	6,370	2,362	2,623*	2,012	7,739	10,5
Diameter tongkol	208,305**	0,096	0,206*	0,157	0,146	0,489	9,1
Jumlah baris biji	119,111	30,372	1,529**	0,877	0,752	1,254	5,9
Jumlah biji/baris	46,925,1**	70,585	11,163	9,725	8,320	82,99	7,7
Bobot 1.000 biji	2,345,470**	646,2	692,98	758,73*	540,4	4302,7	10,4

Keterangan : * : berbeda nyata pada taraf uji F 5 %, ** : berbeda sangat nyata pada taraf uji F 1%; tn = berbeda tidak nyata; KK = Koefisien keragaman

S2/Bima 11 berkisar antara 156,3 - 205,5 cm dengan nilai tengah $173,51 \pm 5,82$ cm. Berdasarkan nilai standar error dari nilai tengah tersebut tampak bahwa hibrida silang puncak galur S2/P21 dan S2/Bima 11, umumnya relatif sama dengan tetua silang puncaknya masing-masing (P21 = 184,2 dan Bima 11 = 168,3 cm), namun relatif lebih pendek dibandingkan dengan varietas pembanding Bisi 2 (186,3 cm) dan lebih panjang dari Bima 3 (162,6 cm).

Penilaian penampilan tanaman yang meliputi kekokohan, keseragaman, kesehatan tanaman dari

hama dan penyakit serta bentuk atau ideotipe tanaman dan dalam terminologi CIMMYT disebut *plant aspect* (aspek tanaman). Penilaian dinyatakan dalam bentuk *skoring*, yaitu skor 1 penampilan tanaman sangat baik hingga skor 5 sangat jelek atau lemah. Berdasarkan nilai skoring yang disajikan pada Tabel 3, tampak interval penampilan tanaman hibrida silang puncak galur S2/P21 berkisar antara 2,4-3,4 dengan nilai tengah $2,89 \pm 0,21$, sedangkan hibrida silang puncak galur S2/Bima 11 berkisar antara 2,6-3,5 dengan nilai tengah $3,02 \pm 0,25$.

Jika dibandingkan dengan varietas pembanding, terdapat beberapa hibrida silang puncak galur S2/P21 yang berpenampilan lebih baik dari kedua tetua silang puncak dan kedua varietas pembanding, namun jika dilihat dari nilai tengahnya, hibrida silang puncak tersebut berpenampilan relatif lebih jelek dari varietas P21, akan tetapi relatif sama dengan Bima 3 dan Bisi 2 serta relatif lebih baik dari Bima 11 berdasarkan nilai rata-rata umum dan standar *error*nya. Demikian pula beberapa hibrida silang puncak galur S2/Bima 11 yang berpenampilan lebih baik dari tetua silang puncak Bima 11 dan kedua varietas pembanding. Namun berpenampilan relatif lebih jelek dari varietas P21 nilai rata-rata umum dan standar *error*nya.

Karakter penutupan klobot dan penampilan (aspek) tongkol juga dinilai dengan metode skoring. Penilaian penutupan klobot diberi skor dengan nilai 1 jika klobot menutup rapat sehingga beberapa tongkol dapat diikat menjadi satu pada ujung tongkol hingga nilai 5 jika klobot terbuka sehingga sebagian biji nampak tidak dilindungi klobot (CIMMYT, 1994). Berdasarkan kriteria tersebut, hibrida silang puncak galur S2/P21 dan galur S2/Bima 11 memiliki klobot yang tertutup agak rapat hingga agak longgar di ujung tongkol, relatif sama dengan kedua tetua

hibrida silang puncak dan kedua varietas pembanding. Penilaian penampilan tongkol difokuskan pada kesehatan tongkol dari hama dan penyakit, ukuran, pengisian biji dan keseragaman. Pada penelitian ini, hibrida silang puncak galur S2/P21 dan S2/Bima 11 memiliki penampilan tongkol yang cukup seragam hingga agak beragam, pengisian biji penuh hingga hanya 50% bagian tongkol. Nilai tengah skor penampilan tongkol kedua set hibrida silang puncak tersebut lebih baik dari varietas Bima 11 dan Bisi 2, namun relatif sama dengan P 21 dan Bima 3.

Karakter penggulungan daun juga merupakan salah satu penciri atau kriteria utama seleksi tanaman jagung toleran kekeringan (Zaidi *et al.*, 2007; Efendy dan Azrai, 2010b). Merujuk pada kriteria penggulungan daun, kedua set hibrida silang puncak memiliki tingkat toleransi kekeringan yang moderat, relatif sama dengan hibrida silang puncaknya dan varietas pembanding. Namun, nilai skoring penggulungan daun hibrida silang puncak S2/P21 relatif lebih baik dari hibrida silang puncak galur S2/Bima 11, varietas Bima 11 dan Bisi 2. Selain penggulungan daun, kandungan klorofil daun tanaman juga merupakan salah satu penciri yang dapat digunakan sebagai salah

Tabel 3. Penampilan karakter agronomi dan hasil hibrida silang puncak dan varietas pembanding pada gabungan lokasi di Muneng-Probolinggo dan Bajeng-Gowa, MK. 2013

Karakter	SP_P21		SP_Bima 11		Gab_SP		TSP_P21	TSP_Bima 11	Var Cek Bisi 2	Var Cek Bima 3
	$\bar{X} \pm SE$	Interval	$\bar{X} \pm SE$	Interval	$\bar{X} \pm SE$	Interval	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
%Tanam Tumb	95,5 ± 3,02	81,7 - 100	93,51 ± 4,21	81,5 - 100	94,51 ± 2,59	89,2 - 99,3	95,0	91,7	88,1	92,1
50% Umur ♂	53,43 ± 0,82	52 - 56,5	53,67 ± 0,9	51,5 - 56,3	53,55 ± 0,68	52,4 - 55,1	52,3	54,0	53,3	53,3
50% Umur ♀	57 ± 0,76	55,5 - 60	57,45 ± 0,84	55,8 - 59,8	57,22 ± 0,61	56,0 - 58,4	55,8	58,3	57,8	57,0
Selang ♂&♀	3,57 ± 0,35	2,8 - 4,8	3,78 ± 0,39	2,0 - 5,3	3,67 ± 0,27	2,6 - 4,8	3,5	4,3	4,5	3,8
Umur Panen	95,82 ± 1,06	92,8 - 98,8	94,91 ± 1,34	91,6 - 97,8	95,36 ± 0,87	93,3 - 97,1	96,6	94,5	96,8	94,4
Tinggi Tanaman	179,9 ± 5,55	165,4 - 195,4	173,51 ± 5,82	156,3 - 205,5	176,7 ± 4,05	166,6 - 198,9	184,2	168,3	186,3	162,6
Tinggi Tongkol	93,64 ± 4,55	84,6 - 106,1	92,06 ± 4,37	80,1 - 102,5	92,85 ± 3,15	85,3 - 102,7	95,2	94,7	108,0	86,2
Asp.tanaman	2,89 ± 0,21	2,4 - 3,4	3,02 ± 0,25	2,6 - 3,5	2,96 ± 0,17	2,6 - 3,3	2,6	3,3	3,0	3,0
Skor pen klobot	1,99 ± 0,24	1,4 - 2,5	1,94 ± 0,25	1,4 - 2,5	1,96 ± 0,17	1,6 - 2,4	2,0	1,9	1,9	1,6
Skor pengg daun	2,63 ± 0,2	2,4 - 3,2	2,85 ± 0,25	2,4 - 3,6	2,74 ± 0,16	2,5 - 3 - 3	2,6	3,3	3,1	2,8
Aspek tongkol	2,53 ± 0,26	2,0 - 3,6	2,77 ± 0,31	2,0 - 4,0	2,65 ± 0,2	2,2 - 3,8	2,3	3,3	3,5	2,8
Klorifl daun	52,84 ± 2,36	46,2 - 60,2	50,8 ± 3,15	39,8 - 56,3	51,82 ± 1,98	43,0 - 58,2	54,5	48,4	43,7	47,1
%Tongkol Panen	77,97 ± 7,29	53,3 - 98,3	74,97 ± 8,06	50,5 - 96,5	76,47 ± 5,47	59,1 - 94,5	88,5	70,5	75,0	87,8
Hasil panen biji	3,67 ± 0,33	2,1 - 4,7	3,26 ± 0,38	1,9 - 4,9	3,46 ± 0,25	2,23 - 4,35	3,6	2,7	2,8	3,2
Bbt Tongk Panen	3,17 ± 0,28	1,8 - 4,0	2,95 ± 0,31	1,9 - 4,1	3,06 ± 0,21	2,1 - 3,8	3,3	2,6	2,6	2,9
Kadar air panen	29 ± 1,32	20,9 - 31,9	28,6 ± 1,17	26,1 - 32,0	28,8 ± 0,88	24,5 - 31,8	32,3	29,4	31,3	27,7
Rendemen biji	0,77 ± 0,01	0,72 - 0,81	0,73 ± 0,02	0,63 - 0,80	0,75 ± 0,01	0,71 - 0,79	0,77	0,71	0,75	0,74

lanjutan tabel 3

Tabel 3. Penampilan karakter agronomi dan hasil hibrida silang puncak dan varietas pembanding pada gabungan lokasi di Muneng-Probolinggo dan Bajeng-Gowa, MK. 2013

Karakter	SP_P21		SP_Bima 11		Gab_SP		TSP_P21	TSP_Bima 11	Var Cek Bisi 2	Var Cek Bima 3
	$\bar{X} \pm SE$	Interval	$\bar{X} \pm SE$	Interval	$\bar{X} \pm SE$	Interval	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
Panjang tongkol	13,54 ± 0,56	11,9 - 15	13,59 ± 0,88	11,6 - 19,6	13,56 ± 0,56	11,9 - 16,3	12,7	14,2	12,6	13,4
Diameter tongkol	4,27 ± 0,26	4,0 - 4,5	4,13 ± 0,09	3,6 - 4,4	4,2 ± 0,14	3,8 - 5,4	4,4	4,1	3,7	4,1
Jumlah baris biji	15,09 ± 0,48	14 - 16,8	14,48 ± 0,44	13,2 - 15,6	14,78 ± 0,32	14,0 - 16,1	16,0	15,0	12,9	14,1
Jumlah biji/baris	29,95 ± 1,01	26,4 - 31,9	29,09 ± 1,11	25,4 - 31,9	29,52 ± 0,76	25,9 - 31,4	28,9	28,4	39,0	28,8
Bobot 1000 biji	225,26 ± 13,9	192,6 - 250	219,84 ± 12,97	181,2 - 256,9	222,55 ± 9,5	186,9 - 243,4	265,1	218,9	166,9	213,6

Keterangan : SP = Silang Puncak; Gab = Analisis gabungan ; TSP = Tetua Silang Puncak; \bar{X} = nilai rata-rata

Tabel 4. Komponen ragam, standar deviasi ragam, dan nilai heritabilitas karakter agronomi dan hasil hibrida silang puncak dan varietas pembanding pada gabungan lokasi di Muneng-Probolinggo dan Bajeng-Gowa, MK. 2013

Karakter	σ_g^2	σ_{gxl}^2	σ_e^2	σ_f^2	$\sigma_{\sigma_g^2}$	$2\sigma_{\sigma_g^2}$	H
%Tanam Tumb	2,42	38,72	29,98	27,09	3,27	6,55	8,93
50% Umur ♂	-0,07	2,72	2,19	1,70	0,20	0,41	-4,33
50% Umur ♀	0,08	2,11	1,76	1,49	0,18	0,35	5,65
Selang ♂&♀	0,07	0,30	0,61	0,44	0,04	0,08	14,83
Umur Panen	0,30	4,11	3,99	3,32	0,37	0,75	8,93
Tinggi Tanaman	18,26	70,36	124,00	97,85	9,63	19,26	18,66
Tinggi Tongkol	4,34	47,65	64,94	48,73	4,97	9,95	8,91
Asp.tanaman	0,01	0,12	0,20	0,14	0,01	0,03	6,59
Skor karat daun	0,00	0,24	0,16	0,14	0,02	0,04	0,69
Skor hawar daun	-0,01	0,23	0,17	0,14	0,02	0,03	-4,06
Skor pen klobot	-0,01	0,16	0,15	0,11	0,01	0,02	-6,12
Skor pengg daun	0,01	0,14	0,15	0,12	0,01	0,03	8,76
Aspek tongkol	0,07	0,24	0,21	0,23	0,03	0,06	30,36
Klorifl daun	2,66	19,40	23,23	19,12	2,05	4,09	13,91
%Tongkol Panen	28,94	197,49	79,82	118,23	16,77	33,54	24,48
Bbt Tongk Panen	0,09	0,23	0,26	0,28	0,03	0,06	33,47
Kadar air panen	0,36	2,65	6,86	4,45	0,38	0,76	8,13
Rendemen biji	0,00100	0,00	0,00	0,00	0,00016	0,00032	54,55
Hasil panen biji	0,18	0,31	0,40	0,45	0,05	0,10	39,11
Panjang tongkol	-0,07	1,62	2,01	1,35	0,14	0,28	-4,85
Diameter tongkol	0,01	0,08	0,15	0,11	0,01	0,02	11,53
Jumlah baris biji	0,16	0,50	0,75	0,66	0,07	0,14	24,54
Jumlah biji/baris	0,36	5,57	8,32	5,91	0,58	1,17	6,08
Bobot 1000 biji	-16,44	488,53	540,40	375,90	40,49	80,98	-4,37

Keterangan: σ_g^2 = Ragam genetik; σ_{gxl}^2 =Ragam interaksi genetik x lingkungan; σ_e^2 =Ragam galat; $\sigma_{\sigma_g^2}$ = Standar deviasi ragam genetik; H = Heritabilitas (%)

satu kriteria seleksi tanaman yang toleran kekeringan. Kandungan klorofil daun hibrida silang puncak sangat bervariasi dengan kisaran 46,2–60,2 unit pada silang puncak galur S2/P21 dan 39,8–56,3 unit pada silang puncak galur S2/Bima 11. Dari nilai tengah populasi, tampak kandungan klorofil daun hibrida silang puncak galur S2/P21 lebih tinggi dibandingkan dengan silang puncak galur S2/Bisi 2 dan Bima 3, namun relatif sama dengan varietas P21 dan Bima 11.

Karakter jumlah tanaman panen, bobot tongkol panen, rendemen dan kadar air biji merupakan komponen hasil yang secara langsung digunakan untuk menentukan hasil panen biji jagung. Hasil analisis statistika terhadap nilai tengah karakter hasil panen menunjukkan bahwa silang puncak galur S2/P21 ($3,67 \pm 0,33$ t/ha) relatif lebih unggul dibandingkan dengan hibrida silang puncak galur S2/Bima11 ($3,26 \pm 0,38$ t/ha). Hibrida silang puncak galur S2/P21 juga memiliki nilai tengah populasi yang lebih unggul dari varietas pembanding Bima 11, Bisi 2 dan Bima 3, namun relatif sebanding dengan P21. Hibrida silang puncak galur S2/Bima11 nyata lebih unggul dari varietas pembanding Bima 11 dan Bisi 2, namun relatif sama dengan varietas pembanding P21 dan Bima 3. Indikator genotipe jagung toleran cekaman kekeringan dapat dievaluasi secara langsung berdasarkan hasil biji relatif pada kondisi cekaman kekeringan dibanding pada kondisi optimum (Banziger *et al.*, 2000). Nilai tengah hasil dan interval hasil yang besar memberikan indikasi terdapat keragaman genetik yang luas diantara materi genetik yang dievaluasi, sehingga berguna untuk seleksi lebih lanjut. Berkaitan dengan hal tersebut, dilakukan analisis ragam sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Nilai ragam pada Tabel 4 menunjukkan bahwa keragaman genetik karakter yang diamati menurut kriteria Anderson dan Brancoff (1952) dikutip dalam Azrai (2006) umumnya tergolong sempit, kecuali untuk beberapa karakter, yaitu hasil biji, bobot tongkol panen, rendemen biji, jumlah baris biji per tongkol dan penampilan tongkol. Nilai estimasi variabilitas genotipe yang sempit pada penelitian ini diduga karena populasi merupakan hasil persilangan antara dua tetua yang sama, sehingga keragaman yang ditimbulkan oleh karakter kualitatif juga sangat kecil antar famili dalam populasi. Selain nilai variabilitas genetik yang sempit, beberapa karakter juga menunjukkan variabilitas genetik yang bernilai negatif yaitu umur 50% tanaman berbunga jantan, skor penyakit hawar daun, skor penutupan klobot dan bobot 1.000 biji. Nilai negatif tersebut diduga karena lokasi memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan dengan faktor genetik, sehingga penampilan karakter yang bernilai negatif tidak konsisten pada kedua lingkungan tumbuh yang berbeda. Berbeda dengan karakter hasil dan komponen hasil yang bersifat kuantitatif dengan segregasi yang lebih besar untuk karakter tersebut, sehingga

memberikan nilai estimasi keragaman genetik luas antar famili dalam populasi. Keragaman genetik famili dalam populasi tanaman dapat memberi keleluasaan bagi pemulia untuk memilih genotipe yang memiliki potensi hasil panen tinggi dalam populasi. Dengan demikian, parameter seleksi lebih lanjut akan difokuskan kepada karakter tersebut agar seleksi dapat berjalan dengan efektif (Hermiati, 2001; Azrai dan Kasim 2003). Untuk melihat seberapa besar proporsi ragam genetik terhadap ragam fenotipeik, diperlukan pendugaan nilai heritabilitas (Tabel 4). Nilai duga heritabilitas pada Tabel 4, berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Stanfield (1983), umumnya tergolong kecil ($H < 20\%$), kecuali beberapa karakter yang tergolong sedang ($H = 20\text{--}50\%$), yaitu hasil panen biji, bobot tongkol panen, jumlah baris biji per tongkol dan penampilan tongkol, serta rendemen biji yang tergolong besar ($>50\%$). Nilai heritabilitas tersebut merupakan nilai heritabilitas dalam arti sempit karena berdasarkan hasil analisis ragam gabungan di dua lokasi pengujian. Nilai heritabilitas sangat bermakna jika ragam genotipik didominasi oleh ragam aditif (Falconer dan Mackay 1996). Hal ini disebabkan karena hanya ragam aditif yang diturunkan ke generasi lanjut. Nilai heritabilitas memberikan gambaran besarnya kontribusi genetik suatu karakter yang ditunjukkan oleh ekspresi fenotipe di lapangan.

Nilai duga heritabilitas tinggi menunjukkan bahwa faktor lingkungan kurang berperan terhadap penampilan suatu karakter. Sebaliknya, karakter dengan nilai heritabilitas rendah menunjukkan pengaruh lingkungan lebih berperan dibanding faktor genetik (Fehr, 1987). Dengan demikian, besaran nilai heritabilitas dijadikan sebagai ukuran mudahnya suatu karakter dapat diwariskan.

Pada penelitian ini dianjurkan perlunya seleksi ringan terutama terhadap karakter hasil panen biji dengan intensitas seleksi $\geq 20\%$, sedangkan untuk seleksi lebih ketat dengan intensitas seleksi $<20\%$ dianjurkan pada generasi selanjutnya ($\geq S3$).

KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor lingkungan berkontribusi nyata terhadap penampilan hibrida silang puncak untuk karakter umur panen, panjang tongkol dan bobot 1.000 biji, sedangkan untuk karakter persentase tanam tumbuh, umur 50% berbunga jantan dan betina, skoring penutupan klobot dan penggulungan daun, skoring penampilan tongkol, persentase dan bobot tongkol panen serta hasil panen biji pada kadar air 15%.

Pada umumnya keragaman genetik kedua set hibrida silang puncak tergolong sempit, kecuali karakter hasil panen biji, bobot tongkol panen, rendemen biji, jumlah baris biji per tongkol dan penampilan tongkol yang tergolong luas.

Nilai heritabilitas kedua set hibrida silang puncak tergolong sempit, kecuali karakter hasil panen biji, bobot tongkol panen, rendemen biji, jumlah baris biji per tongkol yang tergolong sedang dan penampilan tongkol yang tergolong luas.

Penerapan seleksi ringan terutama untuk karakter hasil panen dapat dilakukan dengan intensitas seleksi $\geq 20-30\%$ baru dapat dilakukan pada generasi $\geq S3$. Seleksi lebih ketat dengan intensitas seleksi $<20\%$ dianjurkan pada generasi selfing berikutnya ($\geq S3$).

Masih diperlukan evaluasi pada pengairan normal di lokasi yang sama untuk menentukan indeks toleransi hibrida silang puncak terhadap cekaman kekeringan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian atas dukungan dana melalui Proyek SMARTD 2013 pada kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Peneliti dan Teknisi yang membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azrai, M. dan F. Kasim. 2003. Analisis varians dan heritabilitas ketahanan galur jagung rekombinan terhadap penyakit bulai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 22 (1): 31-35
- Azrai, M. 2006. Ragam interaksi genotipe x lingkungan untuk infeksi penyakit bulai pada beberapa jagung koleksi Balitsereal. *Agrivita* 28 (1): 45-53.
- Azrai, M., F. Kasim dan J. R. Hidayat. 2006. Stabilitas hasil jagung hibrida. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 25(3): 163-169.
- Azrai, M. 2013. Jagung hibrida genjah: prospek pengembangan menghadapi perubahan iklim. *IPTEK Tanaman Pangan* 8 (2): 1- 7.
- Azrai, M., J. Mejaya dan H. Aswidinnoor. 2014. Evaluasi daya gabung galur-galur jagung berkualitas protein tinggi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 33 (3): 1-11
- Baihaki, A. dan N. Wicaksono. 2005. Interaksi genotipe x lingkungan, adaptabilitas, dan stabilitas hasil dalam pengembangan tanaman varietas unggul di Indonesia. *Zuriat* 16(1) : 1 – 8.
- Bernardo, R. 2002. *Breeding for Quantitative Traits in Plants*. Woodbury, Minnesota: Stemma Press.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential: are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Aus. Agri. Research* 56: 1159–1168
- BPS. 2014. *Data produksi tanaman pangan dan hortikultura*. Pusat Data Statistik Pertanian. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bray, E.A. 1997. Plant responses to water deficit. *Trend. Plant Sci.* 2: 48– 54
- Bänziger M., G.O. Edmeades, D. Beck and M. Bellon. 2000. *Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize From Theory to Practice*. Mexico: CIMMYT.
- CIMMYT. 1994. *Managing trials and reporting data for CIMMYT's international maize testing program*. Mexico, DF.
- Crowder, L. V. 1988. *Genetika Tumbuhan*. Lilik Kusdiarti, penerjemah. Soetarso, editor. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- CYMMYT. 1992. *The drought tolerant late-maturing variety trial*. December 1992. CIMMYT, Mexico. 7 p.
- Darrah, L. L. and Mukuru. 1977. *Recurrent selection methods for maize improvement the East African experience*. Muguga, Nairobi, East African Agriculture and Forestry Research Organisation. 20p.
- Efendy, R. dan M. Azrai. 2010a. *Tanggap genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan: Peranan akar*. *Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 29 (1): 8-10.
- Efendy, R. dan M. Azrai. 2010b. *Identifikasi karakter toleransi cekaman kekeringan berdasarkan respon pertumbuhan dan hasil genotipe jagung*. *Widya Riset LIPI* 13 (3): 41-50.
- Falconer, D.S. and T.F.C. MacKay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4nd ed. Longman, London.
- Farhad, W., M.A. Cheema, M.F. Saleem and M. Saqib, 2011. *Evaluation of drought tolerant and sensitive maize hybrids*. *Int. J. Agric.Biol.* 13: 523–528
- Fehr, W. R. 1987. *Principles of Cultivar Development*. New York: Mac. Millan Publishing Company. 536 pp.
- Hallauer, A.R. and J.B.Miranda. 1981. *Quantitatif Genetics in Maize Breeding* 1st. Iowa State University Press/Ames.
- Hermiati, N. 2001. *Pengantar Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Sendiri dan Menyerbuk Silang*. Disertasi. Bandung: Program Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran. 244 Hlm.
- IRRI. 2007. *CropStat for Windows Version 7.2.2007.3*.
- Liu, B.H. 1998. *Statistical Genomics: Linkage Mapping, and QTL Analysis*. CRC Press LLC. Boca Raton London, Newyork, and Washington D.C.
- Petersen, R.G. 1994. *Agricultural Field Experiments*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Sujiprihati, S., M. Azrai dan A. Yuliandry. 2006. *Keragaan genotipe jagung bermutu protein tinggi (QPM) di dua tipologi lahan yang berbeda*. *Agrotropika* 11(2): 90-100

Zaidi, P.H., P. Mani Selvan, Rafat Sultana, Ashish Srivastava, Anup K. Singh, G. Srinivasan, R.P. Singh and P.P. Singh. 2007. Association between line per se and hybrid performance under excessive soil moisture stress in tropical maize (*Zea mays* L.). *Field Crop Research* 101:117-126