

Keragaan Agronomi dan Potensi Hasil Genotipe Jagung (*Zea mays* L.) Generasi S_1 dan S_2 di Dua Lokasi

Agronomic Performance and Yield of S_1 and S_2 Generations of Maize Genotypes at Two Locations

Umi Salamah¹, Willy Bayuardi Suwarno^{2*}, Hajrial Aswidinnoor², dan Anggi Nindita²

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 15 Februari 2016/Disetujui 4 November 2016

ABSTRACT

Hybrid maize breeding relies on the availability of good performing inbred lines with superior combining ability. The objectives of this study were to: (1) estimate genetic parameters and heritability for agronomic and yield traits, (2) estimate correlations among traits, and (3) estimate selection-balanced inbreeding depression level from S_1 to S_2 generations. The S_1 trial was planted from June to September 2014 at two locations, followed by the S_2 trial from January to May 2015 at the same locations. Each trial was arranged in an augmented design with three blocks consisting of 72 unreplicated test genotypes, 3 unreplicated inbred lines, and 5 replicated commercial hybrid varieties as checks. The results showed that the heritability estimates were medium to high for most observed traits. Best yielding genotypes in S_1 and S_2 generations were derived from P27xNK6326, Pertiwi3xP31, NK6326xP31, P31xNK6326, and P31xNK33 populations. Grain yield was positively correlated with plant height, ear height, ear length, and ear diameter in S_1 and S_2 generations. The S_2 generation exhibited inbreeding depression for grain yield. The estimates of heritability, correlations, and inbreeding depression obtained from this study could be useful for selection in corn breeding programs.

Keywords: correlation, heritability, inbreeding depression

ABSTRAK

Varietas hibrida jagung unggul dapat diperoleh melalui persilangan antar galur murni yang potensial. Tujuan penelitian ini adalah (1) menduga ragam genetik dan heritabilitas untuk karakter agronomi dan daya hasil, (2) mempelajari korelasi antarkarakter, dan (3) mengevaluasi tingkat tekanan tangkar dalam yang diimbangi seleksi dari generasi S_1 ke generasi S_2 . Percobaan generasi S_1 dilaksanakan di dua lokasi pada bulan Juni sampai September 2014, sedangkan untuk generasi S_2 dilaksanakan di dua lokasi yang sama pada bulan Januari sampai Mei 2015. Percobaan disusun berdasarkan rancangan augmented kelompok lengkap teracak dengan tiga kelompok yang melibatkan 72 genotipe uji (tidak berulang), 3 galur murni (tidak berulang), dan 5 varietas hibrida komersial sebagai pembanding (berulang). Nilai heritabilitas sebagian besar karakter termasuk kategori sedang hingga tinggi pada generasi S_1 dan S_2 . Galur-galur S_1 dan S_2 terbaik berasal dari populasi dasar P27xNK6326, Pertiwi3xP31, NK6326xP31, P31xNK6326, dan P31xNK33. Karakter produksi berkorelasi nyata terhadap karakter tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, panjang tongkol, dan diameter tongkol pada generasi S_1 dan S_2 . Pengaruh tekanan tangkar dalam pada generasi S_2 terlihat pada karakter produksi. Nilai estimasi heritabilitas, korelasi, dan tekanan tangkar dalam yang diperoleh dalam penelitian ini dapat menjadi masukan untuk seleksi dalam program pemuliaan jagung.

Kata kunci: heritabilitas, inbreeding depression, korelasi

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman penting yang memiliki manfaat sebagai pangan, pakan ternak, bahan bakar, dan industri (Troyer dan Wellin, 2009). Peningkatan produksi menjadi sangat penting untuk

memenuhi kebutuhan pangan di masa depan, dimana kompetisi semakin kuat dan sumber daya semakin terbatas (Meng *et al.*, 2013). Produksi jagung yang tidak optimum dapat disebabkan oleh cekaman abiotik, serangan hama dan penyakit, serta penggunaan varietas yang kurang sesuai dengan lingkungan tumbuhnya.

Pemuliaan tanaman konvensional masih memiliki peran besar dalam pengembangan kultivar (Campos *et al.*, 2004). Metode yang digunakan dalam program pemuliaan

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

tanaman meliputi pemilihan tetua, hibridisasi, seleksi, dan pengujian daya adaptasi. Suatu program pemuliaan umumnya diawali dengan pembentukan populasi dasar. Populasi tersebut dapat dibentuk dari plasma nutfah yang memiliki konstitusi genetik yang beragam. Sifat unggul dari suatu populasi tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, dan interaksi keduanya. Percobaan multilingkungan diperlukan untuk mempelajari faktor-faktor tersebut.

Jagung merupakan tanaman dengan tingkat heterozigositas yang tinggi (Ganal *et al.*, 2011). Pembentukan galur murni jagung memerlukan tahapan penyerbukan sendiri (*selfing*) selama minimal 6-7 generasi dari suatu populasi dasar yang heterozigot dan heterogen. Penyerbukan sendiri tersebut memberikan peluang peningkatan homozigositas pada populasi keturunannya (Ahmad *et al.* 2010). Peningkatan homozigositas ini dapat menyebabkan terekspresinya gen-gen yang bersifat detrimental terhadap keragaan tanaman, dimana gen-gen tersebut sebelumnya tidak tereksresi karena tertutupi oleh alel dominannya. Fenomena ini disebut dengan tekanan tangkar dalam atau *inbreeding depression* (Syukur *et al.*, 2012).

Pembentukan hibrida dilakukan melalui persilangan antar tetua galur murni. Adanya suatu jarak genetik tertentu antar tetua diperlukan untuk menghasilkan hibrida baru dengan keragaan yang baik (Tenda *et al.*, 2009). Sebagai contoh, jarak genetik antar tetua sekitar 0.70 dapat menghasilkan hibrida dengan bobot biji yang tinggi (Pabendon *et al.*, 2010).

Program pemuliaan jagung di Indonesia dilaksanakan oleh sektor publik dan swasta. Balai Penelitian Tanaman Serealia (Balitsereal) hingga saat ini telah berhasil melepas lebih dari 25 varietas jagung hibrida, diantaranya Bima 17, Bima 18, Bima 19 URI, dan Bima 20 URI (Balitsereal, 2014). Upaya perakitan varietas unggul jagung dengan produktivitas tinggi terus dilakukan hingga saat ini. Tujuan penelitian ini yaitu: (1) menduga ragam genetik dan heritabilitas untuk karakter agronomi dan daya hasil, (2) mempelajari korelasi antarkarakter, dan (3) mengevaluasi tingkat *inbreeding depression* yang diimbangi dengan seleksi dari generasi S_1 ke S_2 .

BAHAN DAN METODE

Perancangan dan Pelaksanaan Percobaan

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB (250 m dpl) dan Kebun Percobaan Cikabayan Bawah IPB (180 m dpl), Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan selama dua musim tanam, masing-masing untuk percobaan generasi S_1 dan S_2 . Percobaan musim pertama dilakukan pada bulan Juni hingga September 2014, sedangkan percobaan musim kedua dilakukan pada bulan Januari hingga Mei 2015. Tanaman generasi S_2 merupakan hasil *selfing* individu S_1 yang kemudian diseleksi secara simultan berdasarkan bobot biji per tongkol, diameter tongkol, panjang tongkol, dan jumlah baris biji.

Materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini adalah 72 genotipe uji S_1 yang berasal dari penyerbukan sendiri hibrida silang ganda (diuji di musim pertama) dan 72 genotipe uji S_2 hasil penyerbukan sendiri tanaman S_1 (diuji di musim kedua). Pada setiap percobaan ditambahkan tiga galur murni jagung koleksi Balitsereal (Mr 4, Mr 14, dan Nei 9008). Lima varietas hibrida komersial yaitu NK33, NK6326, Pertiwi 3, P21, dan P27 digunakan sebagai pembandingan (cek) di setiap percobaan.

Percobaan generasi S_1 dan S_2 masing-masing disusun berdasarkan rancangan *augmented* kelompok lengkap teracak dengan 75 genotipe (72 genotipe uji dan 3 galur murni) yang tidak diulang dan lima varietas pembandingan yang diulang tiga kali. Areal percobaan dibuat menjadi tiga blok, pada masing-masing blok terdapat 30 plot percobaan yang berisi 25 genotipe dan 5 varietas pembandingan. Penempatan varietas pembandingan dilakukan secara acak pada tiap blok, kemudian seluruh genotipe uji ditempatkan secara acak pada sisa plot yang tersedia. Satuan percobaan berupa barisan tunggal sepanjang 5 m. Jarak tanam yang digunakan yaitu 70 cm antar baris dan 20 cm dalam baris.

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi pemupukan, penyiangan, pembumbunan, dan pengendalian hama dan penyakit. Pupuk dasar yang digunakan adalah 100 kg urea ha^{-1} dan 200 kg NPK *Phonska* ha^{-1} . Pestisida yang digunakan berbahan aktif karbofuran. Pemanenan dilakukan pada umur sekitar 110 hari. Peubah pengamatan yang dilakukan adalah tinggi tanaman (cm), tinggi letak tongkol (cm), umur berbunga jantan (*anthesis*) (hst), umur berbunga betina (*silking*) (hst), diameter tongkol (cm), panjang tongkol (cm), jumlah baris biji, jumlah biji per baris, bobot tongkol per tanaman (g), bobot biji per tongkol (g), bobot 100 biji (g), kadar air panen (%), dan produksi (ton ha^{-1}).

Analisis Data

Analisis Ragam Gabungan Dua Lokasi

Model linier aditif yang digunakan dalam analisis ragam gabungan antar lokasi adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = m + L_i + B(L)_{ji} + G_k + (GL)_{ki} + e_{ijk}$$

dimana, Y_{ijk} : nilai pengamatan pada lokasi ke-i, kelompok ke-j, dan genotipe ke-k; m: nilai tengah umum, L_i : pengaruh lokasi ke-i, dimana $i=1,2$; $B(L)_{ji}$: pengaruh kelompok ke-j dalam lokasi ke-i, dimana $j=1,2,3$; G_k : pengaruh genotipe ke-k, dimana $k=1,2,3,\dots,80$; $(GL)_{ki}$: pengaruh interaksi genotipe ke-k dan lokasi ke-i; e_{ijk} : pengaruh galat percobaan pada lingkungan ke-i, kelompok ke-j, dan genotipe ke-k.

Seleksi Genotipe Terbaik Generasi S_1 dan S_2

Genotipe uji pada generasi S_1 dan S_2 diseleksi berdasarkan rata-rata produksi dan dipilih sebanyak 10 genotipe. Perbedaan antara rata-rata genotipe uji terpilih dengan rata-rata umum dipelajari menggunakan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

Pendugaan Komponen Ragam dan Nilai Heritabilitas

Pendugaan ragam genetik, ragam fenotipik, dan nilai heritabilitas (repeatabilitas) arti luas pada generasi S_1 dan S_2 dilakukan berdasarkan rumus:

$$h_{bs}^2 = (V_G/V_P) \times 100\%$$

dimana, h_{bs}^2 : heritabilitas arti luas, V_G : ragam genetik, V_P : ragam fenotipik. Kriteria nilai heritabilitas arti luas (h_{bs}^2) dikelompokkan menurut Stanfield (1983): $0.50 < h_{bs}^2 < 1.00$ = tinggi; $0.20 < h_{bs}^2 < 0.50$ = sedang; $h_{bs}^2 < 0.20$ = rendah. Karena galur-galur yang digunakan merupakan hasil seleksi, nilai heritabilitas di sini menunjukkan repeatabilitas.

Evaluasi Tingkat Inbreeding Depression yang Diimbangi Seleksi dari Generasi S_1 ke Generasi S_2

Pendugaan tingkat tekanan tangkar dalam (*inbreeding depression*) yang diimbangi seleksi pada tanaman jagung dari generasi S_1 ke generasi S_2 dianalisis menggunakan uji t.

Pendugaan Nilai Korelasi untuk Peubah Agronomi dan Daya Hasil

Nilai korelasi antar peubah agronomi dan daya hasil dapat diduga dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_{(X1,X2)} = \frac{Cov_{X1X2}}{\sqrt{V_{(X1)}V_{(X2)}}}$$

Keterangan: $r_{(X1,X2)}$ = korelasi antara X1 dan X2; Cov_{X1X2} = kovarian antara X1 dan X2; $V_{(X1)}$ = varian X1; $V_{(X2)}$ = varian X2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan Karakter Agronomi

Keragaan individu-individu dari suatu populasi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Perbedaan antar lokasi ditemukan nyata untuk sebagian besar karakter yang diamati pada generasi S_1 dan S_2 , kecuali pada karakter bobot 100 butir dan kadar air (Tabel 1 dan 2).

Perbedaan antar varietas pembanding terlihat nyata pada tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, diameter tongkol, panjang tongkol, jumlah baris biji per tongkol, dan bobot 100 butir pada generasi S_1 , sedangkan pada generasi S_2 perbedaan tersebut hanya terlihat pada jumlah biji per tongkol dan bobot tongkol per tanaman (Tabel 1 dan Tabel 2). Pengaruh genotipe uji nyata terhadap semua karakter pada musim pertama dan kedua kecuali kecuali terhadap bobot biji per tanaman, bobot tongkol per tanaman, produksi, dan kadar air (generasi S_1), serta diameter tongkol, panjang tongkol, dan kadar air (generasi S_2) (Tabel 1 dan Tabel 2). Rata-rata varietas pembanding dan galur uji berbeda nyata pada semua karakter di kedua generasi, kecuali pada jumlah biji per tongkol di generasi S_1 dan kadar air di generasi S_2 .

Adanya interaksi genotipe dan lingkungan memerlukan evaluasi genotipe berbagai lingkungan untuk menemukan genotipe yang diinginkan (Zali *et al.*, 2008). Pengaruh interaksi genotipe uji x lokasi dan varietas pembanding x lokasi tidak nyata terhadap sejumlah karakter di kedua generasi. Meskipun demikian, rata-rata galur uji dan rata-rata varietas pembanding berinteraksi dengan lokasi untuk karakter umur berbunga jantan, umur berbunga betina,

Tabel 1. Rekapitulasi nilai kuadrat tengah dari sidik ragam gabungan pada sejumlah karakter genotipe jagung generasi S_1

Peubah	Lokasi (L)	Varietas pembanding (C)	Genotipe uji (G)	G vs C	G x L	C x L	(G vs C) x L	KK (%)
UBB	54.80**	2.72tn	8.17**	144.80**	6.86*	2.55tn	40.53**	2.67
UBJ	345.00**	2.95tn	6.91*	116.64**	5.49*	2.38tn	26.35**	2.67
TT	102,742.40**	935.11*	552.22*	1,0823.00**	295.83tn	153.28tn	1173.50*	8.12
TLT	66,811.98**	201.06*	405.47*	1,246.69**	155.99tn	149.54tn	773.76*	11.73
DT	252.98**	17.73**	19.25**	691.84**	10.10**	14.60**	0.08tn	3.46
PT	153.96**	4.96*	9.90**	149.22**	8.95**	1.43tn	0.96tn	7.05
JBT	26.10**	8.81**	14.28**	0.01tn	3.44**	0.18tn	2.62tn	5.87
JBB	57.84*	15.44tn	26.08**	1,267.27**	13.43tn	9.96tn	39.25*	8.71
BBT	2,820.88*	511.51tn	910.46tn	71,623.97**	355.19tn	1,961.27*	400.40tn	26.80
BTT	25,993.67**	1,359.82tn	1,680.40tn	10,7685.79**	911.20tn	3,036.24*	1,030.87tn	29.34
BSB	1,464.04tn	149.59**	97.10**	480.30**	27.86tn	68.05*	2.57tn	15.98
PR	7.85*	0.78tn	1.91tn	161.37**	0.84tn	3.87*	0.37tn	26.16
KA	9.37tn	9.53tn	4.38tn	58.62**	2.92tn	9.24tn	0.66tn	14.83

Keterangan: ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; tn = tidak berpengaruh nyata; KK = koefisien keragaman; UBB = umur berbunga betina; UBJ = umur berbunga jantan; TT = tinggi tanaman; TLT = tinggi letak tongkol; DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBT = jumlah baris biji per tongkol; JBB = jumlah biji per baris; BBT = bobot biji per tongkol; BTT = bobot tongkol per tanaman; BSB = bobot 100 butir; PR = produksi; KA = kadar air panen

Tabel 2. Rekapitulasi nilai kuadrat tengah dari sidik ragam gabungan pada karakter-karakter genotipe jagung generasi S₂

Peubah	Lokasi (L)	Varietas pembeding (C)	Genotipe uji (G)	G vs C	G x L	C x L	(G vs C) x L	KK (%)
UBB	2311.44**	18.72tn	43.04**	241.28**	30.19**	7.45tn	18.78tn	5.22
UBJ	2161.25**	23.70tn	31.19**	261.36**	21.59*	7.70tn	5.79*	4.98
TT	93,091.18**	576.96tn	814.85tn	3,588.16*	676.34tn	31.72tn	4,223.45**	13.56
TLT	31,370.11**	51.97tn	452.36**	4,228.68**	154.77tn	116.92tn	4.72tn	15.69
DT	779.95**	75.76tn	34.20tn	818.39**	13.94tn	11.17tn	31.64tn	13.61
PT	272.22**	1.52tn	9.51tn	170.19**	3.36tn	2.87tn	18.73tn	20.37
JBT	13.23**	9.45**	3.49**	16.54**	1.15tn	0.85tn	0.56tn	6.94
JBB	1,023.06**	30.82tn	51.44**	1,834.89**	11.68tn	3.80tn	9.22tn	12.46
BBT	73,630.24**	687.36tn	1,673.83**	84,199.60**	334.71tn	355.74tn	28769.70**	30.37
BTT	88,508.73**	1,343.10*	2,694.33**	144,596.79**	746.26tn	72.74tn	13531.86**	21.25
BSB	1.44tn	7.87tn	53.28**	616.93**	22.97*	38.85*	89.73**	11.12
PR	134.31**	1.51tn	3.75**	177.75**	0.74tn	0.90tn	55.53**	27.39
KA	1,049.03tn	9.66tn	5.37tn	18.14tn	5.22tn	5.79tn	2.95tn	15.39

Keterangan: ** = berpengaruh nyata pada taraf 1%; * = berpengaruh nyata pada taraf 5%; tn = tidak berpengaruh nyata; KK = koefisien keragaman; UBB = umur berbunga betina; UBJ = umur berbunga jantan; TT = tinggi tanaman; TLT = tinggi letak tongkol; DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBT = jumlah baris biji per tongkol; JBB = jumlah biji per baris; BBT = bobot biji per tongkol; BTT = bobot tongkol per tanaman; BSB = bobot 100 butir; PR = produksi; KA = kadar air panen

tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, dan jumlah baris biji pada generasi S₁. Interaksi tersebut pada generasi S₂ nyata pada karakter umur berbunga jantan, tinggi tanaman, bobot biji per tongkol, bobot tongkol per tanaman, bobot 100 butir, dan produksi (Tabel 1 dan Tabel 2). Interaksi genotipe x lingkungan berkaitan dengan kemampuan adaptasi yang dimiliki oleh suatu individu atau populasi tanaman pada lingkungan tertentu. Pengaruh interaksi genotipe uji x lokasi terhadap produksi tidak nyata pada generasi S₁ dan S₂, sehingga seleksi genotipe berdasarkan produksi pada tiap generasi dapat menggunakan nilai rata-rata genotipe antar lokasi.

Koefisien keragaman (KK) pada semua karakter kedua musim menunjukkan kisaran 2-30%. Nilai KK tertinggi ditemukan pada karakter bobot tongkol per tanaman pada musim pertama dan bobot biji per tongkol pada musim kedua. Nilai KK terendah pada karakter umur berbunga pada generasi S₁ dan rendemen biji pada generasi S₂. Nilai KK mengindikasikan ukuran galat percobaan.

Pendugaan Komponen Ragam dan Heritabilitas Arti Luas

Nilai duga ragam genetik dan fenotipik menentukan besarnya nilai duga heritabilitas (repeatabilitas) genotipe jagung pada tiap generasi. Heritabilitas kategori tinggi pada generasi S₁ dan S₂ terdapat pada karakter tinggi letak tongkol, diameter tongkol, jumlah baris biji, jumlah biji per baris, bobot 100 biji, bobot tongkol per tanaman, bobot biji per tongkol, dan produksi (Tabel 3). Hal ini sejalan dengan penelitian Sultan *et al.* (2014) dan Prado *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa heritabilitas tinggi terdapat pada bobot

100 biji, produksi, tinggi tanaman, dan jumlah baris biji. Heritabilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa pengaruh faktor genetik lebih dominan dibandingkan lingkungan terhadap sifat yang diamati (Ordas *et al.*, 2012). Herawati *et al.* (2009) dan Ordas *et al.* (2012) menyatakan bahwa seleksi akan lebih efektif jika karakter yang menjadi target seleksi memiliki nilai heritabilitas yang tinggi. Karakter yang memiliki nilai heritabilitas arti luas kategori sedang pada generasi S₁ dan S₂ adalah umur berbunga jantan, umur berbunga betina, dan kadar air (Tabel 3). Hal ini didukung oleh penelitian Noor *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa heritabilitas umur berbunga jantan pada jagung termasuk kategori sedang. Sadras dan Slafer (2012) menyatakan bahwa heritabilitas yang rendah dapat disebabkan karena pengaruh lingkungan yang besar.

Seleksi pada Berbagai Karakter Terhadap Genotipe Uji Jagung S₁ dan S₂

Seleksi genotipe jagung dapat dilakukan berdasarkan produksi dan karakter lainnya (Wardyn *et al.*, 2009). Tabel 4 menunjukkan sepuluh genotipe terbaik generasi S₁ berdasarkan produksi. Enam genotipe memiliki rata-rata diameter tongkol yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata 72 genotipe uji pada generasi S₁ (Tabel 4). Genotipe P27xNK6326-23A menunjukkan rata-rata diameter tongkol dan bobot tongkol per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata genotipe uji. Genotipe P31xNK6326-93B memiliki rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata genotipe uji pada karakter diameter tongkol, panjang tongkol, bobot biji per tongkol, bobot tongkol per tanaman dan produksi.

Tabel 3. Nilai duga komponen ragam fenotipik (VP), ragam genetik (VG), ragam lingkungan (VE), dan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) pada genotipe uji generasi S_1 dan S_2

Karakter	V_G		V_E		$V_{G \times E}$		h^2_{bs}	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
UBB	1.16	7.02	2.53	10.01	4.13	17.17	26.49(S)	34.83(S)
UBJ	2.57	5.70	2.44	9.10	2.87	10.99	50.25(T)	37.16(S)
TLT	110.13	54.82	132.60	110.03	28.08	37.20	59.71(T)	68.54(T)
TT	182.68	24.89	249.02	1.02	46.09	-0.03 (0)#	57.28(T)	73.86(T)
PT	1.34	1.28	1.35	8.03	6.47	-4.09 (0)#	25.84(S)	48.80(T)
DT	0.08	5.35	0.02	28.73	0.08	-4.10 (0)#	63.15(T)	55.33(T)
JBT	4.80	0.47	0.77	0.87	2.27	0.23	76.38(T)	71.45(T)
JBB	12.58	10.27	7.49	11.54	5.53	-0.27 (0)#	67.08(T)	84.57 (T)
BSB	34.11	4.09	17.15	9.35	11.29	7.04	71.73(T)	62.63(T)
BTT	902.61	591.01	938.69	372.72	74.20	490.67	66.06(T)	80.00(T)
BBT	579.80	328.17	531.23	446.85	-85.59(0)#	230.45	70.59(T)	73.76(T)
PR	0.96	1.98	4.20	0.85	-0.89(0)#	0.56	39.75(S)	74.81(T)

Keterangan: T = tinggi; S = sedang; R = rendah; kriteria nilai heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) mengacu pada Stanfield (1983): $0.50 < h^2_{bs} < 1.00$ = tinggi; $0.20 < h^2_{bs} < 0.50$ = sedang; $h^2_{bs} < 0.20$ = rendah; UBB = umur berbunga betina; UBJ = umur berbunga jantan; TT = tinggi tanaman; TLT = tinggi letak tongkol; DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBT = jumlah baris tongkol; JBB = jumlah biji per baris; BBT = bobot biji per tongkol; BTT = bobot tongkol per tanaman; BSB = bobot 100 butir; PR = produksi; KA = kadar air panen; # = nilai minus untuk ragam dianggap nol.

Tidak terdapat genotipe yang memiliki rata-rata jumlah baris biji yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata genotipe uji pada generasi S_1 .

Sepuluh genotipe uji terseleksi dari generasi S_2 terdapat pada Tabel 5. Tujuh genotipe memiliki rata-rata produksi lebih tinggi dibandingkan rata-rata 72 genotipe uji. Genotipe P27xP31-40B-57, P27xNK6326-39A-19, dan NK6326xPertiwi3-6C-25 menunjukkan rata-rata lebih tinggi dibandingkan rata-rata genotipe uji pada karakter bobot tongkol per tanaman dan produksi. Genotipe Pertiwi3xP31-39A-13 memiliki rata-rata lebih tinggi dibandingkan rata-rata genotipe uji pada karakter jumlah baris biji, bobot tongkol per tanaman, dan produksi. Genotipe Pertiwi3xP31-41A-29 memiliki rata-rata lebih tinggi dibandingkan rata-rata genotipe uji pada tiga karakter tersebut dan bobot biji per tongkol.

Genotipe-genotipe yang terbaik produksinya pada generasi S_1 dan S_2 berasal dari beberapa populasi, yaitu P27xNK6326, Pertiwi3xP31, NK6326xP31, P31xNK6326, dan P31xNK33 (Tabel 4 dan 5). Hal tersebut mengindikasikan bahwa populasi-populasi tersebut memiliki potensi genetik yang baik. Pengaruh genetik merupakan pengaruh mewaris yang dimiliki oleh setiap galur, sedangkan pengaruh lingkungan adalah pengaruh yang ditimbulkan oleh habitat dan kondisi lingkungan (Kuruseng dan Kuruseng, 2008).

Analisis Korelasi Antarkarakter

Analisis korelasi digunakan untuk melihat kekuatan hubungan antara dua peubah. Semakin besar koefisien korelasi, semakin erat hubungan antarkarakter. Beberapa karakter agronomi dan komponen hasil berkorelasi nyata,

namun tidak ditemukan korelasi antara jumlah baris biji dengan karakter-karakter lainnya yang diamati.

Produksi berkorelasi positif sangat nyata terhadap tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, diameter tongkol, dan panjang tongkol pada generasi S_1 , sedangkan pada generasi S_2 produksi berkorelasi positif sangat nyata terhadap keempat karakter tersebut ditambah dengan jumlah baris biji (Tabel 6). Hasil-hasil penelitian sebelumnya yang mengindikasikan adanya korelasi antara produksi dengan tinggi tanaman (Ziyomo dan Bernardo, 2013), panjang tongkol, bobot 100 biji, dan jumlah biji per baris (Zarei *et al.*, 2012). Karakter-karakter yang berkorelasi nyata dengan produksi dan memiliki nilai heritabilitas tinggi dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam seleksi ke arah produksi tinggi.

Pendugaan Tingkat Inbreeding Depression yang Diimbangi Seleksi pada Generasi S_1 dan S_2

Penyerbukan sendiri pada tanaman menyerbuk silang dalam beberapa generasi dapat menyebabkan tekanan tangkar dalam (*inbreeding depression*). Karena generasi S_1 dan S_2 ditanam pada generasi yang berbeda, terlebih dahulu dilakukan pendugaan pengaruh musim menggunakan rata-rata keseluruhan varietas hibrida pembanding pada tiap musim. Hasil pendugaan menunjukkan bahwa pengaruh musim tidak nyata terhadap tinggi tanaman, namun nyata terhadap produksi (Tabel 7). Oleh sebab itu untuk karakter produksi dilakukan penyesuaian nilai rata-rata dari tiap genotipe uji pada generasi S_1 dan S_2 . Hasil pendugaan tingkat tekanan tangkar dalam menunjukkan bahwa penyerbukan sendiri selama satu generasi dari S_1 ke S_2 tidak menyebabkan penurunan rata-

Tabel 4. Karakter sepuluh genotipe jagung terseleksi generasi S₁

Nama genotipe	DT (cm)	PT (cm)	JBB	BBT (g)	BTT (g)	Produksi (ton ha ⁻¹)
P31xNK6326-93B	4.34+	18.92+	14.80	152.60+	131.20+	7.04+
P27xNK6326-39A	4.34+	14.76	13.10	125.26	140.07+	6.04
Pertiwi3xNK33-84B	4.27+	17.30	13.85	118.01	136.43+	5.84
P31xNK33-44A	4.24+	16.78	14.65	114.67	124.49	5.66
NK6326xP31-43D	3.99	17.69	13.95	112.24	112.46	5.49
NK6326xP31-71A	4.15	17.36	15.20	106.84	106.12	5.33
P27xPertiwi3-35B	4.26+	18.25	14.40	105.96	109.45	5.07
P27xNK6326-23-A	4.49+	16.31	15.40	102.05	171.31+	5.04
NK6326xNK6326-102A	3.94	15.84	13.70	99.28	133.82+	4.88
Pertiwi3xP31-13A	3.87	15.83	15.03	98.05	86.28	4.86
Rataan 72 genotipe uji	3.92	16.23	14.70	95.59	79.74	3.93
Rataan 5 hibrida	4.41	18.51	14.90	131.63	159.10	6.39
Rataan 3 galur murni	3.16	12.00	12.53	44.96	52.54	2.27
BNT (0.05)	0.30	2.56	1.93	51.22	67.43	2.12

Keterangan: + = Nilai lebih tinggi dibandingkan dengan (rataan genotipe uji + BNT 0.05); DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBB = jumlah baris biji; BBT = bobot biji pertongkol; BTT = bobot tongkol per tanaman

Tabel 5. Karakter pada sepuluh genotipe jagung terseleksi generasi S₂

Nama genotipe	Genotipe asal	DT (cm)	PT (cm)	JBB (baris)	BBT (g)	BTT (g)	Produksi (ton ha ⁻¹)
Pertiwi3xP31-41A-29	Pertiwi3xP31-41A	4.78	17.75	16.20+	128.02+	177.27+	7.19+
NK6326xPERTIWI3-6C-25	NK6326xPertiwi3-6C	4.73	16.05	13.50	105.87	172.40+	6.66+
P27xNK6326-39A-19	P27xNK6326-39A	4.05	12.60	12.45	104.42	142.91+	5.99+
Pertiwi3xP31-13A-13	Pertiwi3xP31-13A	4.44	18.59	16.84+	108.19	142.54+	5.81+
P27xP31-40B-57	P27xP31-40B	4.74	16.73	14.30	100.43	162.70+	5.71+
P31xPertiwi3-104A-46	P31xPertiwi3-104A	4.46	17.20	14.80	98.63	140.67+	5.53+
NK6326xP31-71A-51	NK6326xP31-71A	4.36	16.94	15.90	88.53	131.17+	5.34
P31xNK6326-93A-15	P31xNK6326-93A	4.35	15.15	14.90	95.70	135.11	5.27
P31xNK33-44A-35	P31xNK33-44A	4.53	15.97	14.30	80.80	139.26+	5.24
P31xPertiwi3-104A-62	P31xPertiwi3-104A	4.27	19.45	14.40	82.76	129.14	4.98+
Rataan 72 genotipe uji		4.07	14.40	13.93	63.05	84.60	3.34
Rataan 5 hibrida		4.62	16.91	14.68	130.67	165.57	5.97
Rataan 3 galur murni		3.39	11.56	11.96	29.41	49.13	1.70
BNT (0.05)		1.17	6.24	2.05	46.51	46.51	2.03

Keterangan: + = Nilai lebih tinggi dibandingkan dengan (rataan genotipe uji + BNT 0.05); DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBB = jumlah baris biji; BBT = bobot biji pertongkol; BTT = bobot tongkol per tanaman

rata tinggi tanaman yang signifikan (6 cm; $P > 0.05$), namun menyebabkan penurunan yang signifikan untuk produksi (0.73 ton ha⁻¹; $P < 0.01$) (Tabel 7). Hal ini mengindikasikan bahwa galur-galur S₂ mengalami tekanan tangkar dalam pada karakter produksi, namun tidak pada tinggi tanaman. Ciri utama tanaman yang mengalami tekanan tangkar dalam adalah berkurangnya vigor yang diikuti oleh pengurangan

produksi. Penelitian Ahmad *et al.* (2010) mengindikasikan bahwa penurunan hasil akibat *inbreeding depression* dari generasi S₀ ke S₁ sebesar 0.3 ton ha⁻¹.

Tidak terlihatnya gejala tekanan tangkar dalam dari generasi S₁ ke S₂ untuk tinggi tanaman dapat disebabkan oleh dua kemungkinan, yaitu: (1) pengaruh tekanan tangkar dalam tersebut memang relatif kecil, (2) adanya pengaruh

seleksi buatan dari S_1 ke S_2 yang berlawanan arah dengan tekanan tangkar dalam tersebut. Sebagai catatan, selain

pengaruh negatif, pada kasus tertentu tekanan tangkar dalam juga dapat memberikan pengaruh positif (Jain *et al.*, 2014).

Tabel 6. Koefisien korelasi antar karakter genotipe jagung generasi S_1 (di atas diagonal) dan S_2 (di bawah diagonal)

	UBJ	UBB	TT	TLT	DT	PT	JBB	PROD
UBJ	-	0.87**	0.29**	0.41**	-0.21**	0.09tn	0.05tn	-0.39**
UBB	0.80**	-	0.04tn	0.20**	-0.37**	-0.04tn	0.03tn	-0.55**
TT	0.27**	0.29**	-	0.88**	0.46**	0.45**	0.13tn	0.43**
TLT	0.46**	0.50**	0.59**	-	0.34**	0.37**	0.10tn	0.27**
DT	0.03tn	0.04tn	0.50**	0.52**	-	0.28**	0.13tn	0.73**
PT	0.12tn	0.13tn	0.47**	0.60**	0.61**	-	0.04tn	0.34**
JBB	0.09tn	0.10tn	0.34**	0.45**	0.57**	0.42**	-	0.09tn
PROD	0.04tn	0.09tn	0.47**	0.55**	0.71**	0.64**	0.47**	-

Keterangan: UBJ = umur berbunga jantan; UBB = umur berbunga betina; TT = tinggi tanaman; TLT = tinggi letak tongkol; DT = diameter tongkol; PT = panjang tongkol; JBB = jumlah baris biji; PROD = produksi; * = berkorelasi nyata pada taraf 5%; ** = berkorelasi nyata pada taraf 1%; tn = tidak berkorelasi nyata

Tabel 7. Pengaruh musim yang diduga dari rata-rata lima varietas hibrida pembanding serta estimasi pengaruh *inbreeding depression* dari generasi S_1 ke S_2

	Pembanding sebagai musim		<i>Inbreeding depression</i>	
	Tinggi tanaman (cm)	Hasil (ton ha ⁻¹)	Tinggi tanaman (cm)	Hasil (ton ha ⁻¹)
Rata-rata S_1	211.66	6.39	179.96	4.48
Rata-rata S_2	175.69	5.97	170.58	3.34
Rata-rata S_1 - S_2	8.98 **	1.19 tn	5.99 tn	0.73 **
Nilai P (<i>P-value</i>)	<0.001	0.299	0.075	0.005

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata berdasarkan uji t pada taraf 1%; tn = tidak berbeda nyata

KESIMPULAN

Nilai heritabilitas sebagian besar karakter menunjukkan kategori tinggi pada generasi S_1 dan S_2 , kecuali umur berbunga dan kadar air. Terdapat beberapa populasi dasar yang galur-galurannya termasuk 10 terbaik pada generasi S_1 dan S_2 yaitu P27xNK6326, Pertiwi3xP31, NK6326xP31, P31xNK6326, dan P31xNK33. Karakter produksi pada generasi S_1 dan S_2 berkorelasi nyata terhadap karakter tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, panjang tongkol, dan diameter tongkol. Pengaruh tekanan tangkar dalam galur-galur S_2 terlihat pada karakter produksi.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M., S. Khan, F. Ahmad, N.H. Shah, N. Akhtar. 2010. Evaluation of 99 S_1 lines of *maize* for inbreeding depression. *J. Agri. Sci.* 47:209-213.

Ali, Q., M. Ahsan, N.H. Khan, M. Waseem, F. Ali. 2014. An overview of *Zea mays* for the improvement of yield and quality traits through conventional breeding. *Nature. Sci.* 12:71-84.

Balitsereal. 2014. Database varietas jagung Maros: Balai Penelitian Tanaman Serealia. <http://balitsereal.litbang.pertanian.go.id>. [17 Februari 2015].

Campos, H., M. Cooper, J.E. Habben, J.E. Edmeades, G.O. Schussler, J.R. 2004. Improving drought tolerance in *maize*: a view from industry. *Field Crop Res.* 90:19-34.

Ganal, M.W., G. Durstewitz, A. Polley, A. Be' rard, E.S. Buckler, A. Charcosset, J.D. Clarke, E.M. Graner, M. Hansen, J. Joets, M.C.L. Paslier, M.D. McMullen, P. Montalent, M. Rose, C.C. Schon, Q. Sun, H. Walter, O.C. Martin, M. Falque. 2011. A large *Maize* (*Zea mays* L.) SNP genotyping array: development and germplasm genotyping, and genetic mapping to compare with the B73 reference genome. *Plos One.* 6:1-15.

Herawati, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi. 2009. Keragaman genetik dan karakter agronomi galur haploid ganda padi gogo dengan sifat-sifat tipe baru hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 37:87-94.

- Jain, R., D.N. Bharadwaj. 2014. Heterosis and inbreeding depression for grain yield and yield contributing characters in quality protein *maize*. *Agric. Comm.* 2:8-16.
- Kuruseng, H., M.A. Kuruseng. 2008. Pertumbuhan dan produksi berbagai varietas tanaman jagung pada dua dosis pupuk urea. *J. Agrisistem* 4:26-36.
- Meng, Q., P. Hou, L. Wu, X. Chen, Z. Cui, F. Zhang. 2013. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. *Field Crop Res.* 143:91-97.
- Noor, M., D. Shahwar, H. Rahman, H. Ullah, F. Ali, M. Iqbal, I.A. Shah, I. Ullah. 2013. Change in heritability estimates due to half-sib family selection in the *maize* variety Pahari. *Genet. Mol. Res.* 12:1872-1881.
- Ordas, B., M. Caicedo, M.C. Romay, P. Revilla, A. Ordas. 2012. Effect of visual selection during the development of inbred lines of *maize*. *Crop. Sci.* 52:2538-2545.
- Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, J. Koswara, H. Aswidinnoor. 2010. Korelasi jarak genetik berbasis marka mikrosatelit inbrida jagung dengan bobot biji F1. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29:11-17.
- Prado, S.A., B.L. Gambin, A.D. Novoa, D. Foster, M. L. Senior, C. Zinselmeier, M.E. Otegui, L. Borrás. 2013. Correlations between parental inbred lines and derived hybrid performance for grain filling traits in *maize*. *Crop. Sci.* 53:636-1645.
- Sadras, V.O., G.A. Slafer. 2012. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field. Crop. Res.* 127:215-224.
- Sultan, M.S., M.A. Abdoel-Monaem, S.H. Haffiez. 2014. Phenotypic and genotypic correlation, heritability and expected gains from selection for some traits of *maize* under two plant densities conditions. *Asian J. Crop. Sci.* 6:49-57.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti. 2012. Teknik Pemuliaan Tanaman. PenebarSwadaya. Jakarta.
- Stanfield, W.D. 1983. Theory and problems of Genetics. McGraw-Hill. New York. US.
- Tenda, E., M. Tulalo, Miftahorrahman. 2009. Hubungan kekerabatan genetik antar sembilan aksesori kelapa asal provinsi sulawesi utara. *J. Littri.* 15:139-144.
- Troyer, A.F., E.J. Wellin. 2009. Heterosis decreasing in hybrids: yield test inbreds. *Crop Sci.* 49:1969-1976.
- Wardyn, B.M., J.W. Edwards, K.R. Lamkey. 2009. Inbred-progeny selection is predicted to be inferior to half-sib selection for three *maize* populations. *Crop Sci.* 49:443-450.
- Zali, H., S.H. Sabaghpour, E. Farshadfar, P.P. Ezechpour, M. Safikhan, R. Sarparast, A.H. Beygi. 2008. Stability analysis of yield in *Chickpea* genotypes by additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). *J. Water Soil. Sci.* 11:173-180.
- Zarei, D., D. Kahrizi, A.P. Aboughadareh, F. Sadeghi. 2012. Correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in corn hybrids (*Zea mays* L.). *Intl. J. Agri. Crop. Sci.* 4:1519-1522.
- Ziyomo, C., R. Bernardo. 2013. Drought tolerance in *maize*: indirect selection through secondary traits versus genomewide selection. *Crop. Sci.* 53:269-1275.