

Evaluasi Stabilitas Hasil Jagung Hibrida Menggunakan Metode Genotype and Genotype by Environment Interaction Biplot (GGE BILOT)

Evaluation of Grain Yield Stability of Hybrid Maize Based on Genotypes and Genotypes by Environment Interaction Biplot (GGE BILOT)

Slamet Bambang Priyanto^{1*}, Roy Efendi¹, Bunyamin Z.¹, M. Azrai¹, dan M. Syakir²

¹Balai Penelitian Tanaman Serealia

Jl. Dr. Ratulangi No. 274 Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia

*E-mail: bambangpriyanto@gmail.com

²Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jl. Ragunan 29 Pasar Minggu Jakarta, Indonesia

Naskah diterima 10 Maret 2017, direvisi 10 Juli 2017, disetujui diterbitkan 19 Juli 2017

ABSTRACT

Visualization of GGE biplot analyses was able to explain the genotype by environment interaction. This research was aimed to determine the yield stability of promising experimental maize hybrids in eight locations based GGE biplot method. Ten promising experimental maize hybrids and two commercial hybrid varieties as check, namely: HBSTK01, HBSTK03, HBSTK05, HBSTK06, HBSTK07, HBSTK08, HBSTK09, HBSTK10, HBSTK11, HBSTK13 and Bima 16 and Pertiwi 3 were evaluated in eight locations, ie. Bangka (Bangka Belitung), Probolinggo (East Java), Minahasa Utara (North Sulawesi), Donggala (Central Sulawesi), Soppeng, South Sulawesi, Gowa (South Sulawesi), Konawe (Southeast Sulawesi) and Lombok Barat (West Nusa Tenggara) from May to October 2013. The treatments were arranged in a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. Variable measured was grain yield. Analysis of variance was performed for data from each study site, to determine the performance of each genotype at each location. Yield stability analysis was performed by GGE biplot method using PB tools software. Results showed that genotype H9 (HBSTK11) had the highest biological stability with grain yield of 10.37 t/ha, higher than the overall mean yield. The best hybrid with the highest yield and good stability was hybrid H6 (HBSTK08) of 11.08 t/ha. This experimental hybrid is considered potential to be released as new hybrid variety. North Minahasa is considered the most suitable location for testing where as Konawe and West Lombok are least suitable compared with the other locations.

Keywords: Maize experimental hybrid, yield stability, multi environments, biplots.

ABSTRAK

Aplikasi metode GGE biplot dapat menjelaskan interaksi genotipe x lingkungan melalui visualisasi biplot. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas hasil 10 calon varietas jagung hibrida potensial menggunakan metode GGE biplot pada delapan lokasi pengujian. Genotipe jagung hibrida yang diuji terdiri atas 10 calon varietas hibrida (HBSTK01, HBSTK03, HBSTK05, HBSTK06, HBSTK07, HBSTK08, HBSTK09, HBSTK10, HBSTK11 dan HBSTK13) dan dua pembandingan (Bima 16 dan Pertiwi 3). Lokasi pengujian adalah Bangka (Bangka Belitung), Probolinggo (Jawa Timur),

Minahasa Utara (Sulawesi Utara), Donggala (Sulawesi Tengah), Soppeng, (Sulawesi Selatan), Gowa (Sulawesi Selatan), Konawe (Sulawesi Tenggara), dan Lombok Barat (NTB). Penelitian berlangsung dari Mei sampai Oktober 2015. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati adalah hasil biji kering pada kadar air 15%. Analisis ragam dilakukan untuk setiap lokasi guna mengetahui penampilan hibrida. Analisis stabilitas hasil melalui penerapan model GGE Biplot dilakukan menggunakan software *PB Tools*. Hasil penelitian menunjukkan hibrida HBSTK11 memiliki stabilitas biologis tertinggi dengan hasil 10,37 t/ha, lebih tinggi daripada rata-rata seluruh hibrida yang diuji (10,32 t/ha). HBSTK08 merupakan hibrida yang lebih stabil dengan hasil tertinggi (11,08 t/ha), sehingga berpeluang dilepas menjadi varietas unggul baru. Minahasa Utara merupakan lingkungan yang representatif sebagai lokasi pengujian, sedangkan Konawe dan Lombok Barat kurang sesuai.

Kata kunci: Jagung hibrida, stabilitas hasil, multilokasi, biplot.

PENDAHULUAN

Penampilan sifat suatu tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, dan interaksi antara genetik x lingkungan. Adanya interaksi genotipe x lingkungan menunjukkan perbedaan respon genotipe tanaman terhadap lingkungan tertentu (Adie *et al.* 2014). Hal ini berimplikasi pada kesulitan pemilihan genotipe harapan apabila interaksi genetik x lingkungan tinggi (Rono *et al.* 2016). Secara umum terdapat tiga tipe interaksi antara genotipe x lingkungan, yaitu tidak ada interaksi, tidak ada interaksi antarlingkungan, dan terdapat interaksi antarlingkungan (Yan and Kang 2003).

Salah satu metode untuk mengestimasi tingkat stabilitas genetik yaitu menggunakan teknik *Genotype and Genotype by Environment Interaction Biplot* (GGE Biplot). GGE biplot merupakan pengembangan metode AMMI dan mampu menjelaskan sumber variasi dari genotipe dan genotipe x lingkungan lebih rinci daripada

Tabel 1. Lokasi dan jadwal pelaksanaan percobaan pengujian jagung hibrida pada MK 2015.

Kode	Lokasi	Jenistanah dan lahan	Ketinggian (m dpl)	Tipe iklim*	Waktu tanam	Waktu panen
E1	Bangka, Babel	PMK, Kering	20	A	14-06-2015	26-09-2015
E2	Probolinggo, Jatim	Andosol, Kering	10	E1	15-05-2015	05-09-2015
E3	Minahasa Utara, Sulut	Alfisol, Kering	50	C3	08-05-2015	29-08-2015
E4	Donggala, Sulteng	Latosol, Kering	60	C2	29-05-2015	15-09-2015
E5	Soppeng, Sulsel	Grumosol, Sawah	560	C	28-05-2015	13-09-2015
E6	Gowa, Sulsel	Andosol, Kering	49	C3	15-04-2015	26-07-2015
E7	Konawe, Sultra	Latosol, Sawah	80	C	09-05-2015	20-08-2015
E8	Lombok Barat, NTB	Regosol, Sawah	75	B3	20-06-2015	05-10-2015

*: Klasifikasi tipe iklim menurut Oldeman (1982)

metode AMMI (Gauch 2006, Roostaei *et al.* 2014). GGE biplot terdiri atas tiga hal yaitu analisis mega-environment, analisis lokasi uji, dan evaluasi genotipe (Yan *et al.* 2007). Menurut Jambormias dan Riry (2008), mega-environment adalah gugus lokasi yang memiliki daya dukung yang sama terhadap pertumbuhan suatu genotipe.

GGE biplot menghasilkan visualisasi grafik yang menggambarkan penampilan genotipe pada lingkungan spesifik, adaptabilitas genotipe pada beberapa lingkungan berbeda, mengidentifikasi genotipe terbaik pada masing-masing lingkungan, memvisualisasikan mega-environment, rata-rata penampilan genotipe dan stabilitasnya, GGE biplot juga mampu menampilkan genotipe terbaik dengan daya hasil tertinggi pada masing-masing mega-environment dan mampu menunjukkan genotipe serta lingkungan ideal (Fashadfar *et al.* 2013, Fashadfar and Sadegi 2014, Susanto *et al.* 2015). Hal ini menyebabkan interpretasi GGE biplot lebih memudahkan pemulia dalam pengambilan keputusan dalam memilih genotipe yang diinginkan (Noerwijati *et al.* 2014).

Konsep stabilitas genetik ada dua yaitu stabilitas statis dan dinamis. Stabilitas statis sering disebut stabilitas biologis sedangkan stabilitas dinamis disebut stabilitas agronomik (Becker and Leon 1988). Genotipe dengan stabilitas statis tinggi memiliki keragaan yang relatif sama pada berbagai lingkungan tumbuh, sehingga akan memberikan hasil yang sama meskipun ditanam pada lingkungan yang berbeda. Suatu genotipe memiliki stabilitas dinamik tinggi apabila ditanam pada lingkungan agronomik yang berbeda dan produksinya bisa memenuhi potensi lingkungannya (Alwala *et al.* 2010)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas hasil 10 calon varietas jagung hibrida pada beberapa lokasi menggunakan metode GGE biplot.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di delapan lokasi pada musim kemarau (MK) 2015. Kedelapan lokasi tersebut memiliki

Tabel 2. Beberapa genotipe jagung hibrida pada uji multilokasi, MK 2015.

Kode	Hibrida	Asal persilangan
G1	HBSTK01	B11209 x Amb 36
G2	HBSTK03	G 180 x B11
G3	HBSTK05	AMB 36 x KI 3
G4	HBSTK06	H180 x KI 3
G5	HBSTK07	CLY031 x DTPY C9
G6	HBSTK08	CLY231 x CLY039
G7	HBSTK09	CLY231 x MAL03
G8	HBSTK10	CY 11 x G201
G9	HBSTK11	CY 11 x CLY039
G10	HBSTK13	CY 11 x 1044-30
G11	Bima 16 (pembanding)	Gc10279 x Mr14
G12	Pertiwi 3 (pembanding)	PW-18 x PW-26

tipe iklim, jenis tanah, dan ketinggian yang beragam (Tabel 1). Perlakuan terdiri atas 10 calon hibrida dengan dua varietas pembanding Bima 16 dan Pertiwi 3 (Tabel 2). Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan.

Ukuran petak percobaan 3 m x 5 m, jarak tanam 75 cm x 20 cm, satu tanaman/lubang sehingga terdapat 25 tanaman/baris. Pemupukan pertama diberikan pada 7 HST dengan takaran 135 kg N + 45 Kg P₂O₅ + 45 kg K₂O/ha. Pemupukan kedua diberikan pada 30 HST dengan takaran 90 kg N/ha. Pemeliharaan tanaman antara lain penyiangan, pengairan, dan pembumbunan secara optimal.

Peubah yang diamati adalah hasil biji pada kadar air 15% dikonversi ke t/ha menggunakan rumus:

$$\text{Hasil biji (t/ha)} = \frac{10.000}{LP} \times \frac{100-KA}{100-15} \times B \times R \div 1.000$$

LP = Luas panen (m²)

KA = Kadar air saat panen (%)

B = Bobot kupasan basah (kg)

R = Rendemen (%)

Analisis ragam dilakukan terhadap data dari setiap lokasi untuk mengetahui penampilan semua jagung

hibrida pada setiap lokasi, berdasarkan model linier sebagai berikut:

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_i = hasil pengamatan setiap peubah,
 μ = nilai tengah umum,
 α_i = pengaruh hibrida,
 β_j = pengaruh blok,
 ε_{ij} = pengaruh galat

Jika terdapat pengaruh nyata di antara hibrida yang diuji, dilakukan uji lanjut satu arah menggunakan uji *Least Significant Increase* (LSI) sehingga diketahui keunggulan calon hibrida uji terhadap varietas pembandingan. Analisis ragam gabungan berdasarkan model linier:

$$Y_i = \mu + R_k(j) + \alpha_i + \beta_j + (\beta\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Y_i = hasil pengamatan,
 μ = nilai tengah umum,
 $R(k_j)$ = pengaruh ulangan ke-k yang tersarang pada lokasi ke-j,
 α_i = pengaruh lokasi ke-l,
 β_j = pengaruh hibrida ke-j,
 $(\beta\alpha)_{ij}$ = interaksi hibrida ke-i x lokasi ke-j dan
 ε_{ij} = pengaruh galat

Analisis stabilitas genotipe dilakukan apabila terdapat interaksi antara genotipe dan lingkungan (Sitaresmi *et al.* 2016). Metode analisis stabilitas yang digunakan adalah metode GGE Biplot dengan model matematika sebagai berikut (Yan 2001):

$$Y_{ij} - Y_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = rata-rata hasil genotipe ke-i pada lokasi ke-j,
 Y_j = nilai rata-rata hasil seluruh genotipe pada lingkungan ke-j,
 $\lambda_{11}, \lambda_{12}$ = nilai singular Principal Component Axis (PCA) 1 dan PCA 2,
 ξ_{i1}, ξ_{i2} = nilai PCA1 dan PCA 2 untuk genotipe ke-l,
 η_{j1}, η_{j2} = nilai PCA1 dan PCA 2 untuk lingkungan ke-j
 ε_{ij} = nilai sisaan

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak CropStat 7.2. dan PB Tools Version 1.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam menunjukkan perbedaan hasil yang nyata antarhibrida di masing-masing lokasi, kecuali di Donggala dan Gowa (Tabel 3). Hal ini menggambarkan tiap hibrida memberikan respon yang berbeda pada setiap lokasi.

Hasil analisis ragam gabungan menunjukkan lokasi, jagung hibrida, dan interaksi jagung hibrida dengan lokasi berpengaruh sangat nyata terhadap hasil (Tabel 4). Kontribusi keragaman dari masing-masing faktor terhadap variabel hasil berturut-turut adalah lokasi 48,4%, interaksi hibrida x lokasi 21,2%, hibrida 10,8%, dan ulangan dalam lokasi 3,5% Faktor lokasi memiliki pengaruh terbesar, diikuti oleh interaksi dengan jagung hibrida. Setimela *et al.* (2007) menyatakan interaksi hibrida x lingkungan bersifat kompleks karena bervariasinya komponen faktor lingkungan pada setiap lokasi.

Tabel 3. Hasil analisis ragam hasil 10 calon jagung hibrida di delapan lokasi percobaan, MK 2015.

Lokasi	KT Hibrida	KT Galat	F Hitung	Probabilitas	KK (%)
Bangka Belitung	0,55	0,22	2,57*	0,029	5,80
Probolinggo	4,25	0,57	7,50**	0,000	6,60
Minahasa Utara	2,56	1,11	2,32*	0,045	10,00
Donggala	1,03	0,61	1,69 ^{tn}	0,140	7,30
Soppeng	3,00	0,90	3,32**	0,008	9,60
Gowa	1,02	0,49	2,09 ^{tn}	0,068	6,10
Konawe	3,75	0,67	5,60**	0,000	7,30
Lombok Barat	4,77	0,74	6,46**	0,000	9,20

KK= Koefisien keragaman, tn= tidak berbeda nyata,

*= berbeda nyata pada taraf kesalahan 5%,

** = berbeda nyata pada taraf kesalahan 1%

Tabel 4. Hasil analisis ragam gabungan variabel hasil 10 calon varietas hibrida di delapan lokasi, MK 2015.

Sumber keragaman	DF	JK	KT	Nilai F	Pr(> F)	Kontribusi terhadap keragaman (%)
Lokasi (L)	7	348,26	49,75	32,07**	0,00	48,39
Ulangan dalam Lokasi	16	24,82	1,55			3,45
Hibrida (H)	11	77,43	7,04	3,55**	0,00	10,76
H x L	77	152,78	1,98	3,00**	0,00	21,23
Galat	176	116,43	0,66			16,18
Total	287	719,71				

Koefisien keragaman = 7,9%; **= nyata (p<0,01).

Nilai kuadrat tengah lokasi yang besar dan nyata menunjukkan keragaman kondisi lingkungan menyebabkan keragaman hasil karena daya dukung lingkungan berbeda antar lokasi (Nzuve *et al.* 2013). Hal ini dapat dilihat dari nilai indeks lingkungan setiap lokasi yang dihitung berdasarkan selisih antara rata-rata hasil biji seluruh galur pada lokasi yang bersangkutan dengan rata-rata hasil galur di semua lokasi. Terdapat tiga lokasi yang memiliki indeks lingkungan negatif dan lima lokasi positif (Tabel 5). Lokasi yang memiliki indeks lingkungan negatif adalah Bangka Belitung (-2,26), Soppeng (0,-45), dan Lombok Barat (-0,95). Lokasi yang memiliki indeks lokasi positif yaitu Probolinggo (1,01), Minahasa Utara (0,20), Donggala (0,34), Gowa (1,22), dan Konawe (0,88). Indeks lingkungan berkaitan dengan daya dukung lingkungan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Semakin tinggi indeks lingkungan semakin baik daya dukungnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

Pengaruh hibrida terhadap keragaman hasil biji sangat nyata. Hal ini menandakan genotipe yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari genetik dengan latar belakang yang beragam. Hibrida uji berasal dari hasil persilangan yang melibatkan delapan tetua betina dan sembilan tetua jantan (Tabel 2). Daya hasil tertinggi diperoleh dari HBSTK08 (11,09 t/ha) dan terendah dari HBSTK13 (9,14 t/ha) (Tabel 5). Empat hibrida uji memiliki hasil lebih tinggi daripada kedua hibrida pembanding Bima 16 dan Pertiwi 3, yaitu

HBSTK01, HBSTK08, HBSTK09, dan HBSTK10. Tiga hibrida uji yang memiliki hasil biji lebih tinggi daripada hibrida pembanding Pertiwi 3 yaitu HBSTK03, HBSTK07 dan HBSTK11. Hasil hibrida HBSTK05, HBSTK06, dan HBSTK13 tidak lebih tinggi daripada pembanding Bima 16 dan Pertiwi 3.

Adanya interaksi yang sangat nyata antara hibrida dan lokasi mengindikasikan faktor lokasi berperan penting terhadap penampilan hibrida sehingga terjadi inkonsistensi pada setiap lokasi karena perbedaan respon hibrida tanaman masing-masing lokasi. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil jagung hibrida di Gowa dan Donggala yang tidak berbeda nyata, tetapi di Probolinggo hasil hibrida HBSTK08 12,85 t/ha, lebih tinggi daripada hibrida pembanding Bima 16 (11,17 t/ha). Jagung hibrida yang memberi lebih tinggi daripada pembanding Pertiwi 3 di Soppeng adalah HBSTK01 dan HBSTK03, di Konawe HBSTK01, HBSTK07 dan HBSTK08, di Lombok Barat yaitu HBSTK09, HBSTK10 dan HBSTK11, dan di Bangka Belitung HBSTK07, HBSTK08, HBSTK09, HBSTK10, dan HBSTK11. Hibrida yang lebih unggul dibandingkan dengan Bima 16 dan Pertiwi 3 adalah HBSTK01 di Lombok Barat, HBSTK03 dan HBSTK08 di Minahasa Utara, dan HBSTK10 di Konawe (Tabel 5).

Analisis ragam regresi karakter hasil menunjukkan nilai kuadrat tengah hibrida lebih besar dari interaksinya (Tabel 6). Hal ini menunjukkan hibrida memberikan sumbangan keragaman lebih besar dibandingkan dengan pengaruh interaksinya.

Tabel 5. Hasil biji kering 10 genotipe jagung hibrida dan dua pembanding di delapan lokasi, MK tahun 2015.

Kode	Hibrida	Hasil biji kering (t/ha)								Rata-rata
		Bangka Belitung	Probolinggo	Minahasa Utara	Donggala	Soppeng	Gowa	Konawe	Lombok Barat	
G1	HBSTK01	7,77	10,59	10,95	10,97	11,45b	11,81	11,46b	11,54ab	10,82ab
G2	HBSTK03	7,68	11,68	11,80ab	10,46	11,32b	11,54	11,18	8,52	10,52b
G3	HBSTK05	7,99	12,13	10,70	10,04	8,39	10,95	8,86	11,15ab	10,03
G4	HBSTK06	7,99	11,20	9,46	11,66	9,08	11,32	11,54	8,85	10,14
G5	HBSTK07	8,45b	9,41	10,97	10,88	10,53	12,44	12,43b	8,25	10,42b
G6	HBSTK08	8,71b	12,85a	12,13ab	10,04	10,75	12,70	12,35b	9,20	11,09ab
G7	HBSTK09	8,48b	11,97	10,94	11,58	9,86	11,94	10,87	10,01b	10,71ab
G8	HBSTK10	8,31b	12,19	10,40	10,53	9,98	11,38	12,83ab	10,52b	10,77ab
G9	HBSTK11	8,22b	11,91	10,19	10,63	9,78	10,96	11,67b	9,61b	10,37b
G10	HBSTK13	7,41	8,83	8,96	9,94	8,59	11,42	10,31	7,65	9,14
G11	Bima 16 (a)	8,28	11,17	10,03	11,04	9,68	10,89	10,87	9,34	10,16
G12	Pertiwi 3 (b)	7,38	12,03	9,72	10,13	9,04	11,13	10,04	7,76	9,65
	Rata-rata	8,06	11,33	10,52	10,66	9,87	11,54	11,20	9,37	10,32
	SE	0,27	0,43	0,61	0,45	0,55	0,40	0,47	0,50	0,17
	LSI 5 %	0,91	1,48	2,06	1,53	1,87	1,37	1,61	1,69	0,53
	KK (%)	5,8	6,60	10,00	7,30	9,60	6,10	7,30	9,20	7,89
	Indeks Lingkungan	-2,26	1,01	0,20	0,34	-0,45	1,22	0,88	-0,95	

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak nyata lebih tinggi daripada varietas pembanding Bima 16 (a), dan Pertiwi 3 (b) pada uji LSI 5%.

Tabel 6. Analisis ragam regresi karakter hasil genotipe jagung hibrida di delapan lokasi, MK 2015.

Sumber keragaman	df	JK	KT	F	F Prob
Hibrida	11	25,807	2,346		
Lokasi	7	116,081	16,583		
Lokasi x hibrida	77	50,932	0,661		
Regresi lokasi x hibrida	11	3,225	0,293	0,406	0,948
Deviasi	66	47,707	0,723		
Total	95	192,820			

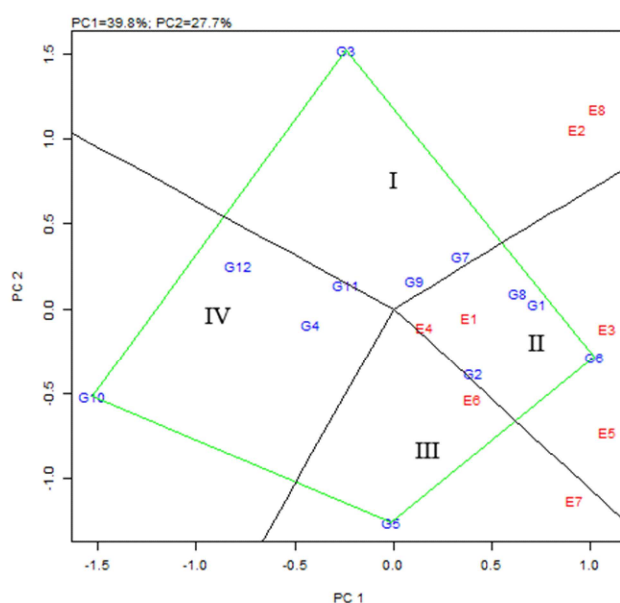
Mega Environment Lokasi Pengujian

Skor PCA 1 dan PCA 2 hasil analisis biplot dapat dilihat pada Tabel 7. PCA 1 menerangkan hasil biji genotipe dengan skor PCA1 yang lebih tinggi memiliki hasil yang lebih tinggi pula. Skor PCA 2 menjelaskan stabilitas genotipe tersebut. Semakin besar nilai mutlak PCA 2 semakin tidak stabil genotipe tersebut. Skor PCA merupakan nilai koordinat hibrida dan lingkungan yang ditampilkan dalam kurva biplot. Keempat hibrida yang memiliki hasil biji tertinggi atau terendah pada satu atau beberapa lingkungan pengujian dengan urutan $G8 > G5 > G3 > G10$ merupakan hibrida yang memiliki titik koordinat terluar. Titik-titik koordinat hibrida tersebut kemudian dihubungkan oleh satu garis koneksi membentuk suatu poligon, lalu titik pusat biplot ditarik garis tegak lurus dengan garis koneksi. Perpotongan antara garis tersebut dengan garis koneksi membagi poligon menjadi beberapa sektor yang disebut mega-environment. Lingkungan pengujian yang berada dalam satu sektor disebut satu mega-environment (Oliviera *et al.* 2010).

Gambar 1 menunjukkan poligon tersebut terbagi menjadi empat sektor. Sektor I merupakan mega-environment 1 yang terdiri atas E2 (Probolinggo) dan E8 (Lombok Barat). Kedua lokasi memiliki daya dukung hasil yang baik bagi hibrida G3 (HBSTK05), G7 (HBSTK09), dan G9 (HBSTK11). Hasil tertinggi diberikan oleh hibrida G3 (HBSTK05), rata-rata 11,64 t/ha di kedua lokasi. Sektor II merupakan mega-environment 2 yang terdiri atas empat lokasi yaitu E1 (Bangka Belitung), E3 (Minahasa Utara), E4 (Donggala), dan E5 (Soppeng), sesuai untuk hibrida G1 (HBSTK01), G2 (HBSTK03), G6 (HBSTK08), dan G8 (HBSTK10). Hasil tertinggi diberikan oleh hibrida G6 (HBSTK08) dengan rata-rata 10,41 t/ha di kedua lokasi. Sektor III yaitu mega-environment 3 yang mencakup lokasi E6 (Gowa) dan E7 (Konawe) sesuai untuk hibrida G5 (HBSTK07). Hibrida yang tidak berada pada ketiga mega-environment tersebut yaitu G4 (HBSTK06), G10 (HBSTK13), G11 (Bima 16) dan G12 (Pertiwi 3). Pada sektor IV, hibrida tersebut tidak dapat berproduksi

Tabel 7. Skor PCA1 dan PCA2 biplot beberapa genotipe jagung hibrida dan lokasi pengujian, MK 2015.

Hibrida	PCA1	PCA2	Lingkungan	PCA1	PCA2
G1	1,716	0,061	E1	0,165	-0,025
G2	0,944	-0,823	E2	0,398	0,492
G3	-0,569	3,271	E3	0,464	-0,054
G4	-0,987	-0,193	E4	0,070	-0,050
G5	-0,025	-2,692	E5	0,464	-0,339
G6	2,400	-0,605	E6	0,171	-0,248
G7	0,804	0,669	E7	0,392	-0,525
G8	1,489	0,205	E8	0,442	0,548
G9	0,254	0,361			
G10	-3,601	-1,104			
G11	-0,566	0,307			
G12	-1,860	0,542			



Gambar 1. Keragaan biplot yang menggambarkan perbedaan mega-environment pada pengujian genotipe jagung hibrida di delapan lokasi, MK 2015.

dengan baik pada ketiga mega-environment lainnya (Gambar 1).

Evaluasi Kesuaian Lingkungan Pengujian

Gambaran hubungan antarlingkungan dan antarahibrida dapat diketahui dengan cara menarik garis lurus dari titik pusat biplot menuju koordinat hibrida dan lingkungan. PCA1 berfungsi sebagai sumbu X dan PCA 2 sebagai sumbu Y. Titik pertemuan antara kedua sumbu tersebut merupakan titik pusat biplot. Titik tersebut mewakili sebuah hibrida virtual yang mengasumsikan nilai tengah umum pada tiap lingkungan. Genotipe tersebut memiliki nilai interaksi dengan lingkungan sama

dengan nol. Garis dari pusat biplot yang menuju koordinat hibrida disebut vektor genotipe. Garis yang menuju koordinat lingkungan disebut vektor lingkungan (Yan and Tinker 2006)

Evaluasi lingkungan diperlukan untuk mengetahui kesesuaian lingkungan terhadap peningkatan hasil hibrida. Nilai kosinus antara dua vektor lingkungan menunjukkan korelasi antara dua lingkungan tersebut (Fan *et al.* 2007). Vektor E2 dan E8 berhimpitan sehingga nilai kosinusnya 1, yang berarti E2 dan E8 berkorelasi positif (hampir sama), begitu pula E6 dan E7. Hal ini dapat dilihat vektor E2 dan E8 berada dalam satu mega-environment demikian pula vektor E6 dan E7. Sudut vektor lingkungan E8 dan E7 adalah sudut tumpul dengan nilai kosinus negatif, sehingga dapat dikatakan vektor E8 berkorelasi negatif dengan E7.

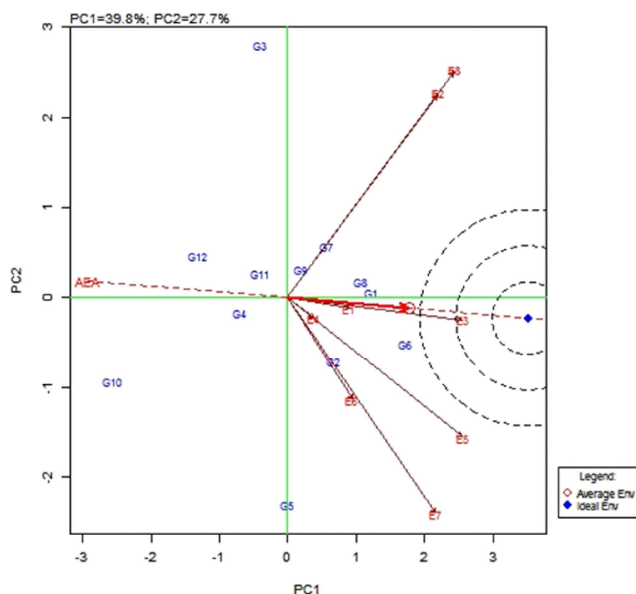
Titik *Average-Environments Coordinates* (AEC) yang merupakan rata-rata koordinat dari semua lingkungan terletak pada ujung panah di sumbu *Average Environment Axis* (AEA) (Gambar 2). Sumbu AEA merupakan garis yang melewati titik AEC dan titik pusat biplot. Titik pusat lingkaran pada sumbu AEA merupakan lingkungan ideal untuk pengujian. Titik tersebut terletak pada garis AEA dengan posisi positif, jarak dari pusat biplot sama dengan vektor lingkungan terpanjang. Pada lingkungan tersebut semua hibrida mampu mengekspresikan potensi genetiknya secara optimal sehingga dapat diketahui hibrida terbaik (Rakshit *et al.* 2012).

Besar sudut antara vektor lingkungan dan garis AEA menggambarkan kesesuaian lingkungan dengan

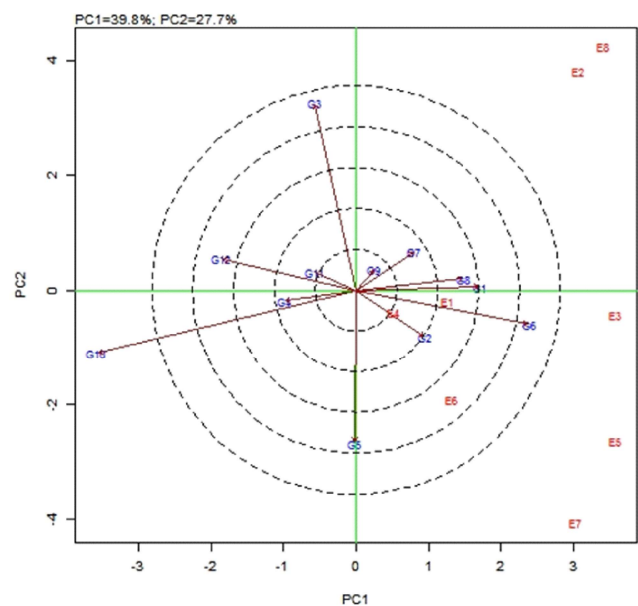
pertumbuhan hibrida uji. Lingkungan yang memiliki sudut paling kecil terhadap sumbu AEA lebih representatif dibandingkan dengan lingkungan lain (Karimizadeh *et al.* 2013). Lokasi E3 di samping memiliki sudut antara vektor lingkungan dengan garis AEA yang paling kecil juga memiliki jarak terdekat dengan titik lingkungan ideal. Lokasi E3 merupakan lingkungan lebih representatif untuk pengujian dibandingkan dengan lingkungan lainnya. Hal ini senada dengan pendapat Glaz dan Kang (2008) yang menyatakan lokasi yang paling representatif untuk pengujian adalah yang paling dekat dengan titik lokasi ideal. Lokasi E7 dan E8 mempunyai sudut yang besar terhadap garis AEA dengan jarak yang jauh dari titik lingkungan ideal. Hal ini bermakna bahwa E7 dan E8 mempunyai daya dukung yang kurang representatif sebagai lokasi uji (Gambar 2).

Stabilitas Genotipe

Keragaan biplot rata-rata hasil hibrida disajikan pada Gambar 3. Panjang vektor genotipe menerangkan perbedaan genotipe tersebut terhadap genotipe “rata-rata” dalam hal pengaruh genotipe, lingkungan, maupun interaksi antara genotipe dengan lingkungan. Hibrida yang berada di dekat titik pusat biplot memiliki pengaruh genotipe dan interaksi genotipe x lingkungan yang kecil. Hibrida yang memiliki jarak vektor yang kecil dari titik asal biplot merupakan genotipe yang stabil biologis (Jambormias and Riry 2008). Semakin panjang vektor lingkungan semakin besar pengaruh genotipe, lingkungan, dan interaksinya terhadap hasil. Genotipe G9 merupakan hibrida yang stabil secara biologis,



Gambar 2. Keragaan biplot menggambarkan korelasi antarlokasi pengujian genotipe jagung hibrida, MK 2015.



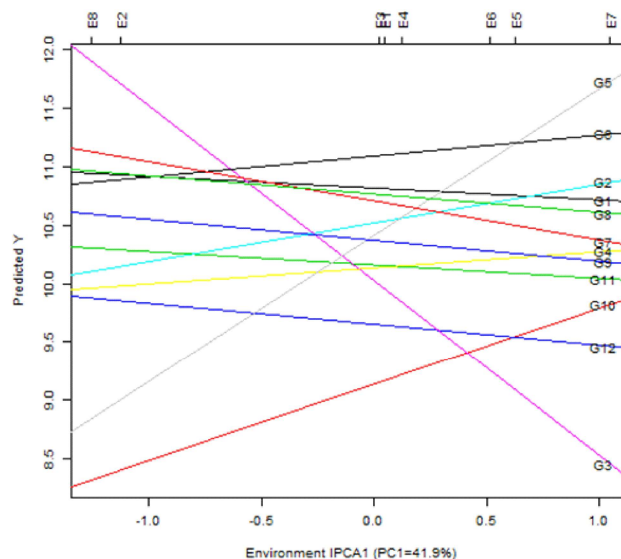
Gambar 3. Keragaan biplot hibrida terhadap rata-rata hasil genotipe jagung hibrida di delapan lokasi, MK 2015.

sedangkan genotipe G6 dengan panjang vektor terpanjang adalah hibrida dengan hasil tertinggi, hibrida G10 dengan hasil terendah, dan hibrida yang paling tidak stabil adalah G3 dan G5.

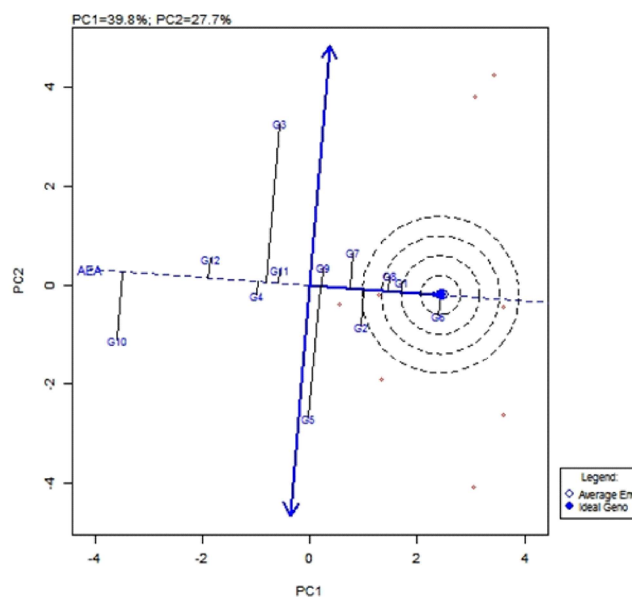
Jarak dan sudut yang terbentuk oleh dua vektor genotipe memberikan gambaran perbedaan antarhibrida. Perbedaan tersebut dapat berupa rata-rata hasil dan atau interaksinya dengan lingkungan. Semakin jauh jarak dan semakin besar sudut vektor antara kedua hibrida maka semakin besar pula perbedaan antarkedua hibrida (Li and Xu 2014). Gambar 3 menunjukkan hibrida G1 dan G8 mempunyai jarak yang dekat dan sudut yang kecil. Hal ini berarti hibrida G1 dan G8 hampir mirip yang dapat disebabkan oleh rata-rata hasil atau interaksi antara hibrida dan lingkungan. Hasil G1 rata-rata 10,82 t/ha dan G8 rata-rata 10,77 t/ha. Hibrida G6 dan G10 memiliki jarak yang jauh dan sudut tumpul, berarti kedua hibrida berbeda antara yang satu dengan lain. G6 merupakan hibrida dengan hasil tertinggi dan G10 adalah hibrida dengan hasil terendah (Gambar 3). Selain itu G3 dan G5 juga berbeda yang dapat dilihat dari jarak antargenotipe yang jauh dan sudutnya tumpul. Genotipe G3 beradaptasi baik pada lingkungan marginal yang ditunjukkan oleh hasilnya yang tinggi pada lingkungan marginal. Hibrida G5 beradaptasi baik pada lingkungan optimal yang ditunjukkan oleh makin meningkat hasilnya pada lingkungan yang semakin baik (Gambar 4).

Keragaan hasil rata-rata dibandingkan dan stabilitas hibrida disajikan pada Gambar 5. Yan and Tinker (2005) menyatakan sumbu AEA (sumbu X) memberikan gambaran rata-rata hasil biji masing-masing hibrida. Sumbu Y merupakan garis tegak lurus terhadap sumbu AEA dan melalui titik asal biplot yang memberikan gambaran stabilitas agronomis hibrida uji. Genotipe yang berada di sebelah kanan sumbu Y memiliki hasil lebih tinggi daripada rata-rata semua genotipe, sedangkan di sebelah kiri sumbu Y memiliki hasil di bawah rata-rata seluruh genotipe. Semakin jauh jarak genotipe dari sumbu X semakin tidak stabil genotipe tersebut. Hasil tertinggi diberikan oleh hibrida G6, diikuti oleh G1. Hibrida G1 merupakan paling stabil secara agronomis karena memiliki jarak genetik paling dekat dengan sumbu X, sedangkan G3 dan G5 tidak stabil karena jarak genetiknya jauh dari sumbu X.

Genotipe ideal ditunjukkan oleh titik pada sumbu AEA di posisi positif dengan panjang dari titik pusat biplot sama dengan vektor genotipe terpanjang (Apraku *et al.* 2010, Zanetta *et al.* 2015). Hibrida terbaik memiliki jarak genetik paling dekat dengan titik genotipe ideal dibandingkan dengan hibrida lainnya (Laurie and Booyse 2015;). Hibrida yang memiliki jarak genetik paling



Gambar 4. Pola adaptasi genotipe jagung hibrida terhadap lingkungan pengujian di delapan lokasi, MK 2015.



Gambar 5. Keragaan biplot yang menampilkan rata-rata hasil dan stabilitas genotipe jagung hibrida di delapan lokasi, MK 2015.

dekat dengan nilai genotipe ideal dibandingkan dengan hibrida lain adalah G6 (Gambar 5). Hibrida G6 mampu memproduksi tinggi di lingkungan marginal dan optimal (Gambar 4). Hibrida G6 juga mampu memproduksi maksimal pada semua lokasi pengujian sehingga dapat diusulkan untuk dilepas sebagai varietas unggul baru jagung hibrida.

KESIMPULAN

Jagung hibrida HBSTK11 memiliki stabilitas biologis tertinggi dengan hasil 10,37 t/ha, lebih tinggi daripada rata-rata seluruh hibrida uji (10,32 t/ha).

HBSTK08 merupakan hibrida terbaik dengan stabilitas dan hasil tinggi (11,08 t/ha) dibandingkan dengan hibrida lain, sehingga berpeluang dilepas menjadi varietas unggul baru.

Minahasa Utara (E3) merupakan lingkungan paling sesuai untuk pengujian stabilitas hasil jagung hibrida. Konawe (E7) dan Lombok Barat (E8) kurang sesuai untuk pengujian jagung hibrida, terutama dari segi stabilitas hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M., A. Krisnawati, dan G. Wahyu A. S. 2014. Assessment of genotype $\times$ environment interactions for black soybean yield using Ammi and GGE Biplot. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 2(5):673-678.
- Alwala, S., T. Kwolek, M. McPherson, J. Pellow, D. Meyer. 2010. A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. *Field Crops Research* (119): 225–230.
- Apraku, BB., M. Oyekunle, K. Obeng-Antwi, A.S. Osuman, S.G. Ado, N. Coulbaly, C.G. Yallou, M. Abdulai, G.A. Boakyewaa and A. Dideira. 2012. Performance of extra-early maize cultivars based on GGE biplot and AMMI analysis. *Journal of Agricultural Science* 150: 473–483.
- Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101:1-23.
- Fan, X.M., M.S. Kang, H. Chen, Y. Zhang, J. Tan, and C. Xu. 2007. Yield stability of maize hybrid in multi-environmental trials in Yunan-China. *Agronomy Journals* 99: 220-228.
- Farshadfar, E. and M. Sadeghi. 2014. GGE biplot analysis of genotype $\times$ environment interaction in wheat-agropyron disomic addition lines. *Agric. Commun.* 2(3):1-7.
- Farshadfar, E., M. Rashidi, M.M. Jowkar, and H. Zali. 2013. GGE biplot analysis of genotype $\times$ environment interaction in chickpea genotypes. *Euro. J. Exp. Bio.* 3(1):417-423.
- Gauch, H.G. 2006. Statistical analysis of yield trial by AMMI and GGE. *Crop Sci.* 46:1488-1500.
- Glaz, B. and M.S. Kang. 2008. Location contributions determined via GGE bilpot analysis of multienvironment sugarcane genotype-performance trials. *Crop Sci.* 48:941-940.
- Jambormias, E. and J. Riry. 2008. Application of GGE Biplot for stability and adaptation evaluation of genotypes with multi-environment trials data. *Jurnal Budidaya Pertanian* 4(2):84-93.
- Karimizadeh, R., M. Mohammadi, N. Sabaghni, A.A. Mahmoodi, B. Roustami, F. Seyyedi, and F. Akbari. 2013. GGE biplot analysis of yield stability in multi-environment trials of lentil genotypes under rainfed condition. *Not. Sci. Biol.* 5(2):256-262.
- Laurie, S.M. and M. Booyse. 2015. Employing the GGE SREG model plus Elston index values for multiple trait selection in sweet potato. *Euphytica* 204:433–442.
- Li, J. and N. Xu. 2014. Cultivar selection and site test evaluation of cotton regional trials in Jiangsu province base GGE Biplot. *Agricultural Science and Technology* 15(8):1277-1284.
- Noerwijati, K., Nasrullah, Taryono, and D. Prajitno. 2014. Fresh tuber yield stability analysis of fifteen cassava genotypes across five environments in East Java (Indonesia) using GGE Biplot Energy Procedia (47):156-165.
- Nzuve, F., S. Githiri, D.M. Mukuya, and J. Gethi. 2013. Analysis of genotype $\times$ environment interaction for grain yield in maize hybrids. *Journal of Agricultural Science* 5(11):75-85.
- Oldeman, L.R. 1982. FAO/Unesco/WMO interagency project on agroclimatology: Technical report on a study of the agroclimatology of the humid tropics of Southeast Asia. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 229 p
- Oliviera, R.L., R.G. Von Pinho, M. Balestre, and D.V. Ferreira. 2010. Evaluation of maize hybrids and enviromental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 10:274-253.
- Rakshit, S., K.N., Ganapathy, S.S. Gomashe, A. Rathore, R.B. Ghorade, M.V.N. Kumar, K. Ganesmurthy, S.K. Jain, M.Y. Kamtar, J.S. Sachan, S.S. Ambekar, B.R. Ranwa, D.G. Kanawade, M. Balusamy, D. Kadam, A. Sarkar, V.A. Tonapi, and J.V. Patil. 2012. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data. *Euphytica* 185:465–479.
- Roostaei, M., R. Mohammadi, and A. Amri. 2014. Rank correlation among different statistical models in ranking of winter wheat genotypes. *The Crop Journal* (2):154–163.
- Rono, J.K., E.K. Cheruiyot, J.O. Othira, V.W. Njuguna, J.K. Macharia, J. Owuoch, M. Oyier, and A.M. Kange. 2016. adaptability and stability study of selected sweet sorghum genotypes for ethanol production under different environments using AMMI Analysis and GGE Biplots. *The Scientific World Journal*:1-14.
- Setimela, P.S., B. Vivek, M. Banziger, J. Crossa, and F. Maidei. 2007. Evaluation of early to medium maturing open pollinated maize varieties in SADC region using GGE biplot based on the SREG model. *Field Crops Res.* 103:161-169.
- Sitairesmi, T., C. Gunarsih, Nafisah, Y. Nugraha, B. Abdullah, I. Hanarida, H. Aswidinnoo, I.G.P. Muliarta, A.A. Darajat, dan B. Suprihatno. 2016. Interaksi genotipe $\times$ lingkungan untuk hasil gabah padi sawah. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(2):89-98.
- Susanto, U., W.R. Rohaeni, S.B. Johnson, and A. Jamil. 2015. GGE biplot analysis for genotype $\times$ environment interaction on yieldtrait of high Fe content rice genotypes in Indonesian irrigated environments. *Agrivita* 37(3):265-276.
- Yan, W. 2001. GGE biplot-A windows application for graphical analysis of multienviromen trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93:1111–1118.
- Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE biplot analysis, a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Boca Raton, London, New York, Washington D.C: CRC Press.
- Yan, W. and N.A. Tinker. 2005. An integrated analysis sistem for displaying, interpreting and exploring genotype $\times$ enviroment interaction. *Crop Science* 45:1004-1016.
- Yan, W. and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86:623–645.
- Yan, W. and M.S. Kang, B. Ma, S. Woods, and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science* 47:643-655.
- Zanetta, C.U., B. Waluyo, M. Rachmadi, and A. Karuniawan. 2015. Oil content and potential region for cultivation black soybean in Java as biofuel alternative. *Energy Procedia* 65:29–35.