



ADAPTABILITAS DAN STABILITAS HASIL EMPAT BELAS GENOTIP PADI GOGO PADA TUJUH LOKASI MENGGUNAKAN AMMI

ADAPTABILITY AND STABILITY YIELD OF FOURTEEN GENOTYPE OF UPLAND RICE IN SEVEN LOCATION USING AMMI

Eko Binnaryo Mei Adi^{1*}, Heru Wibowo², Sri Indrayani³, Yuli Sulistiyowati³, Yuliana Galih Dyan Anggraheni³, Ambar Yuswi Perdani³, Fiqolbi Nuro⁴, Yashanti Berlinda Paradisa³, Puspita Deswina¹, Enung Sri Mulyaningsih³, Dody Priadi¹

¹Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

²Direktorat Pengelolaan Koleksi Ilmiah, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kampus Geodiversitas, Karangsembung, Jalan Raya Kebumen-Kesambung KM19, Jawa Tengah

³Pusat Riset Rekayasa Genetika, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

⁴Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

*Corresponding author: oke20adi@yahoo.com

Naskah Diterima: 28 Oktober 2021; Direvisi: 19 Februari 2022; Disetujui: 6 April 2022

Abstrak

Pengujian stabilitas genotip merupakan hal yang penting dalam perakitan varietas padi gogo. Metode pengujian yang sering dilakukan menggunakan analisis ANOVA gabungan yang harus memenuhi normalitas data dan homogenitas ragam. Terkadang data yang diperoleh tidak dapat memenuhi asumsi, sehingga diperlukan analisis alternatif menggunakan metode kualitatif, yaitu *Additive Main Effect and Main Interaction* (AMMI). Penelitian menggunakan empat belas genotip padi gogo pada tujuh lokasi, dengan rancangan percobaan rancangan acak kelompok. Hasil analisis AMMI1 menunjukkan bahwa didapatkan tujuh genotip dengan nilai rerata produksi di atas rata-rata umum yaitu G29, G31, G33, G34, G35, G37, dan G42 (Inpago 9). Inpago 9 sebagai genotip dengan rata-rata produksi tertinggi di seluruh lokasi. Hasil analisis AMMI2 didapatkan genotip dengan kemampuan adaptasi spesifik lokasi dan beradaptasi pada seluruh lokasi. Dua genotip beradaptasi baik di lokasi Probolinggo yaitu G39 dan G40, sedangkan G29 dan G41 di lokasi Sukadana. Sementara genotip stabil didapatkan tiga genotip yaitu G31, G34, dan G36, namun genotip G36 termasuk genotip dengan produktivitas dibawah rerata genotip pada seluruh lokasi.

Kata kunci: Adaptabilitas; AMMI; Genotip; Padi gogo; Stabilitas

Abstract

Genotype stability is an important factor for varieties development in upland rice. The method for testing stability trial using combine ANOVA with several requirements such as the normality and homogeneity of variance of the data. Sometime to satisfy the assumptions from the acquiring data was not match, so that needed the alternate analysis using qualitative method for stability genotype testing. One of the method is Additive Main Effect and Main Interaction (AMMI). The research was used fourteen upland genotype and seven locations. The result for AMMI1 showed that seven genotype which is have average above the general average are G29, G31, G33, G34, G35, G37, and G42 (Inpago 9). The highest production is achieving by Inpago 9 varieties. While in AMMI2 have two different result. The first result is genotype with specific adaptation and genotype with has general adaptability. Genotype with specific adaptation are G39 and G40 in Probolinggo while G29 and G41 in Sukadana. The second result was genotype with general adaptability or have a good stability are G31, G34, and G36, but for genotype G36 has a poor productivity because the average is below the general average. The result from stability analysis in AMMI2 biplot showed the stability of G31 and G34 has a good stability and higher yield above the average of genotype in all location.

Keywords: Adaptability; AMMI; Genotype; Stability; Upland rice

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v16i1.22953>

PENDAHULUAN

Produktivitas merupakan salah satu faktor utama dalam budi daya tanaman. Namun pada padi gogo produktivitas memiliki banyak hambatan. Permasalahan dalam budi daya padi gogo tersebut, seperti kondisi lahan marginal, kekeringan, bergantung pada musim, dan lainnya. Budi daya di lahan marginal merupakan salah satu hambatan pada padi gogo terutama lahan marginal kering, selain hal tersebut penggunaan varietas lokal yang berumur panjang dengan produktivitas rendah (Fahmi et al., 2019) masih sering digunakan oleh petani. Luas lahan kering di Indonesia 17 juta ha potensial untuk pengembangan pertanian (Mulyani et al., 2017) dan dapat dimanfaatkan untuk ekstensifikasi budi daya padi gogo. Penanaman padi gogo biasanya dilakukan pada awal musim hujan (Sahara & Kushartanti, 2019).

Pengembangan varietas unggul baru padi gogo akan menyediakan tambahan pilihan varietas bagi petani. Prinsip pengembangan padi gogo inbrida didasarkan pada homozigositas genom dalam kromosomnya, karena pada dasarnya padi merupakan tanaman menyerbuk sendiri (Adi et al., 2021). Sebelum dilepas sebagai varietas sekelompok galur akan dilakukan uji stabilitas pada beberapa wilayah agroekologi. Menggunakan cara demikian akan menunjukkan kemampuan galur dalam beradaptasi secara fisiologis dalam berbagai kondisi lingkungan tumbuh. Galur yang memiliki perbedaan ragam antar lingkungan yang kecil dapat diduga mempunyai kemampuan adaptasi yang luas (Sitaresmi et al., 2016). Hal sebaliknya juga dapat terjadi yaitu galur dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan tertentu sehingga memunculkan potensi terbaiknya termasuk galur dengan kemampuan spesifik lokasi.

Genotip yang memiliki ragam yang besar pada lingkungan yang berbeda termasuk genotip dengan interaksi genetik x lingkungan yang tinggi (*G x E interaction*). Munculnya interaksi *G x E* menunjukkan tidak stabilnya respons genotip yang diuji antar lingkungan yang berbeda (Akmal et al., 2015). Berbagai metode dalam eksplorasi interaksi genotip lingkungan telah lama dikembangkan, salah satunya adalah metode dalam statistika parametrik dengan menggunakan pendekatan *multivariate*. Metode yang dikembangkan dalam pendekatan *multivariate* adalah *Additive Main Effect and Main interaction* (AMMI). Pada model AMMI dan grafik biplot AMMI dapat memberikan informasi yang lebih banyak mengenai informasi *G x E* dibandingkan dengan model analisis ragam yang biasa digunakan (Hadi & Sa'diyah, 2004).

Keunggulan lain model AMMI adalah kemampuannya dalam mendekomposisi pengaruh interaksi dan bersifat fleksibel dalam menangani suatu gugus data, dari segi keakuratan pendugaan responnya setara dengan model regresi (Sumertajaya, 1998) model yang lebih dahulu dikembangkan. Pendekatan model AMMI telah banyak digunakan oleh pemulia untuk menguji stabilitas dan kemampuan adaptasi genotip. Sehingga diperoleh informasi tentang kemampuan suatu genotip yang dapat beradaptasi luas atau beradaptasi pada lingkungan tertentu. Beberapa penelitian terdahulu menggunakan model AMMI pada uji stabilitas seperti penelitian Widyastuti et al. (2013) pada padi, Krisnawati et al. (2016) dan Azizah et al. (2016) pada kedelai, Andayani et al. (2014), Gaffar et al. (2012), Sujiprihati et al., (2006) pada jagung.

Penggunaan model AMMI pada penelitian terdahulu menunjukkan kemampuan adaptasi dari genotip yang dicoba pada beberapa lokasi baik yang dapat beradaptasi luas atau beradaptasi pada lingkungan khusus. Penggunaan model AMMI pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan stabilitas galur-galur harapan padi gogo pada tujuh lokasi pengujian.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Desember 2018 pada tujuh lokasi, yaitu Kulon Progo (Desa Karangwuni, Kecamatan Temon), Gunung Kidul (Karang Rejek, Kecamatan Wonosari), Sukabumi (Desa Bojong, Kecamatan Bojong Kembar), Lampung (Desa Sukadana ilir, Kecamatan Sukadana dan KP. Tamanbogo, Kecamatan Probolinggo), Probolinggo (Desa Muneng, Kecamatan Sumber asih), serta Malang (Desa Curung rejo, Kecamatan Kepanjen). Ketujuh lokasi tersebut menggunakan lahan kering yang tidak beririgasi.

Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat ulangan, menggunakan 12 galur dan 2 varietas pembanding yaitu varietas Situpatenggang dan Inpago

9. Kedua belas galur yang digunakan yaitu G29 (B14081H-Ng-44), G30 (B14081H-Ng-23-2), G31 (B14081H-Ng-17-2), G32 (B14081H-Ng-1-2), G33 (B14081H-Ng-17-1), G34 (B14081H-Ng-16), G35 (B14081H-Ng-13), G36 (B14081H-Ng-41), G37 (B14081H-Ng-1-1), G38 (B14081H-Ng-40-5), G39 (B14081H-Ng-40-2), G40 (B14081H-Ng-48), G41 (Situpatenggang), dan G42 (Inpago 9). Pengolahan tanah dilakukan sebelum tanam, penanaman dilakukan dengan cara tugal, jarak tanam 15 x 30 cm, jarak antar plot dan ulangan 50 cm, dengan ukuran plot 4 x 5 m. Penanaman dilakukan dengan 3–5 butir per lubang tanam. Pada setiap ulangan diambil 5 tanaman sebagai tanaman contoh. Pemupukan diberikan sebanyak tiga kali pada umur 10 hst dengan dosis 200 kg/ha NPK phonska. Pemupukan kedua diberikan pada umur 35 hst dengan dosis 100 kg/ha NPK phonska dan pada saat primordia bunga dengan dosis 100 kg/ha urea. Pengendalian OPT dilakukan secara optimal sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap karakter yang diamati. Perubahan yang diamati yaitu produksi ton/ha dengan yang berasal dari mengkonversi produksi gabah per plot dengan kadar air $\pm 14\%$ menjadi produksi dalam luasan per hektar.

Hasil gabah bersih per plot adalah bobot gabah yang dipanen dari petak percobaan, dinyatakan dalam kadar air 14% menggunakan rumus (Sitaresmi et al., 2012) $Hx = \left(\left(\frac{10000}{a} \right) xb \right) x \left(\frac{(100-c)}{1000} \right)$. Hx= hasil gabah kering giling (GKG) (t/ha) dengan kadar air 14%, a= luas petak panen netto, b= hasil gabah kering panen (GKP) per petak percobaan netto (kg/m²), dan c= kadar air gabah saat panen (%). Kemampuan adaptasi dan stabilitas galur-galur yang diuji menggunakan metode AMMI dengan model linear AMMI sebagai berikut $Y_{ijk} = \mu + g_i + l_j + ge_{ij} + e_{ijk}$. Y_{ijk} = nilai genotip ke-i, pada lingkungan ke-j, pada ulangan ke-k, μ = rata-rata umum, g_i = efek genotip ke-i, l_j = efek lingkungan ke-j, gl_{ij} = efek interaksi genotipe ke-i dan lingkungan ke-j, dan e_{ijk} = eror atau sisaan.

Tabel 1. Analisis ragam dan komponen ragam *Additive Main effect and Main Interaction* (AMMI)

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung
Genotip	G - 1	JK _G	KT _G	
Lingkungan	E - 1	JK _E	KT _E	
GxL	(G - 1) (L - 1)	JK _{G x E}	KT _{G x E}	
PC ₁	G + L - 1 - 2	JK PC ₁	KT PC ₁	KT PC ₁ /KT _{er}
PC ₂	G + L - 1 - 4	JK PC ₂	KT PC ₂	KT PC ₂ /KT _{er}
PC ₃	G + L - 1 - 6	JK PC ₃	KT PC ₃	KT PC ₃ /KT _{er}
.....				
PC _x	G + L - 1 - 2(x)	JK PC _x	KT PC _x	KT PC _x /KT _{er}
Eror		JK _{er}	KT _{er}	

Data yang diperoleh akan dianalisis ragam (Tabel 1) pengaruh lingkungan dan genotip menggunakan perangkat lunak STAR dari IRRI Losbanos. Apabila terdapat interaksi yang nyata antara genotip dan lingkungan maka akan dilanjutkan uji stabilitas hasil dengan menggunakan aplikasi PBStat GE-3.0.1.

HASIL

Analisis Ragam AMMI pada Karakter Produksi Gabah

Pengujian stabilitas hasil galur padi pada berbagai lokasi terkadang didapatkan data yang tidak memenuhi kriteria untuk dilakukan uji kuantitatif (homogenitas ragam, normalitas, dan lainnya). Maka memerlukan metode dalam statistik non parameter, salah satu analisis yang dapat digunakan adalah analisis ragam AMMI. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan secara mandiri menunjukkan nyata yang berarti keragaman antar lingkungan yang tinggi. Selain efek mandiri dari lingkungan terdapat pula efek genotip yang nyata. Kedua faktor tunggal menunjukan nilai nyata yang berarti terdapat sumbangan keragaman yang besar pada masing-masing faktor. Sementara interaksi antara genotip dan lingkungan pada hasil tanaman padi juga menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Interaksi antara genotip dan lingkungan yang nyata dapat dilanjutkan untuk uji *Genetic Environment Interaction* (GEI) dengan menggunakan metode AMMI. Berdasarkan Tabel 2,

menunjukkan bahwa proporsi terhadap keragaman tertinggi pada hasil gabah per hektar menunjukkan nilai tertinggi sebesar 58,8% pada pengaruh lokasi (E), diikuti interaksi lokasi x genotip (15,6%) (G x E), kemudian genotip (10,1%) (G). Pemecahan nilai kuadrat tengah interaksi genotip lokasi dengan metode AMMI menunjukkan proporsi pada PC1 hingga PC3 yang berbeda nyata dengan masing-masing proporsinya 52,9; 19,0; dan 18,3, sedangkan PC4 hingga PC6 tidak berpengaruh nyata.

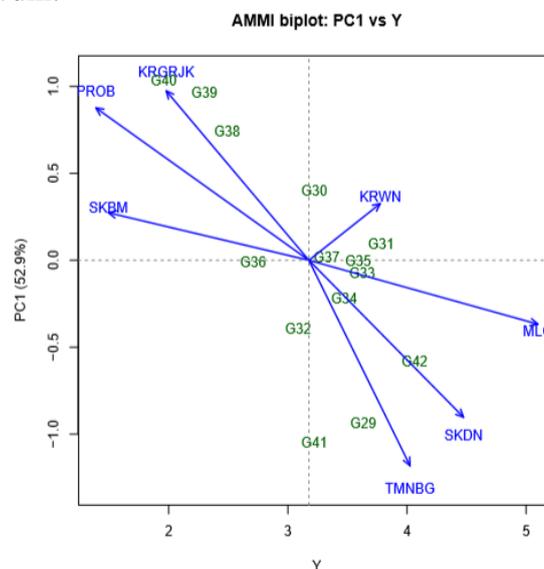
Tabel 2. Analisis ragam *Additive Main effect and Main Interaction* (AMMI) pada karakter hasil empat belas genotip padi pada tujuh lokasi

Sumber keragaman	db	JK	MS	F hitung		Proporsi	Kumulatif
Lokasi	6	780,66	130,11	57,48	**	58,8*	
Ulangan dalam lokasi	21	47,53	2,26	3,91	**	3,6*	
Genotip	13	134,84	10,37	3,90	**	10,1*	
Lokasi:Genotip	78	207,63	2,66	4,60	**	15,6*	
PC1	18	109,70	6,09	10,54	**	52,9+	52,9
PC2	16	39,93	2,49	4,31	**	19,0+	71,9
PC3	14	38,09	2,72	4,70	**	18,3+	90,2
PC4	12	10,33	0,86	1,49		5,0+	95,2
PC5	10	8,41	0,84	1,45		4,1+	99,3
PC6	8	1,18	0,14	0,25		0,7+	100
Residuals	273	157,92	0,58				

Keterangan: KK= 23,92%, (*) proporsi terhadap JK total, (+) proporsi terhadap JK E x G (interaksi)

Genotip Stabil dan Spesifik Lokasi

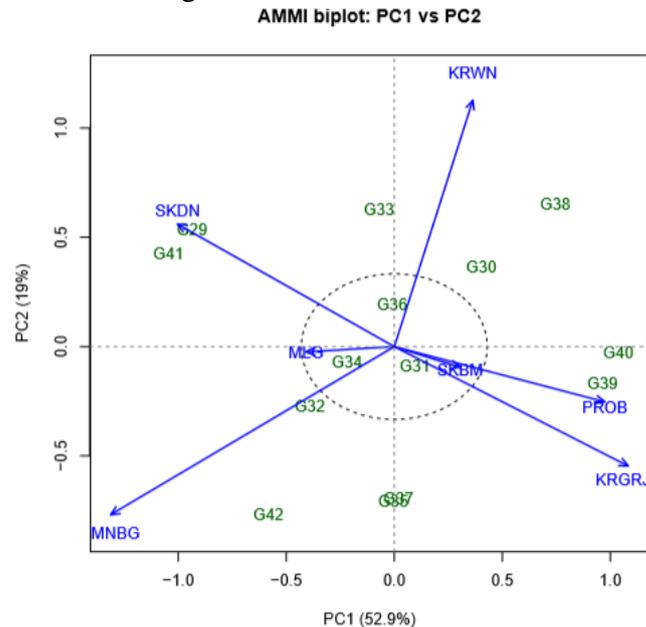
Biplot AMMI1 (Gambar 1) menunjukkan respons rerata genotip pada seluruh lokasi, dengan rerata produksi tertinggi pada seluruh lokasi adalah G42 sedangkan terendah pada G40. Terdapat tujuh genotip dengan nilai rerata produksi lebih tinggi dari rata-rata umum yaitu, G29, G31, G33, G34, G35, G37, dan G42 (Inpago 9) di atas rerata G41 (Situpatenggang). Keenam genotip yang dicoba memiliki rerata produksi lebih tinggi dari cek Situpatenggang tetapi masih berada di bawah Inpago 9. Berdasarkan rerata produksi genotip pada tiap lokasi didapatkan empat lokasi yang menghasilkan rerata produksi seluruh genotip melebihi rerata seluruh lokasi yaitu Malang, Sukadana, Taman Bogo, dan Karangwuni.



Gambar 1. AMMI 1 rerata PC1 VS Y (produksi gabah per ha) pada tujuh lokasi MLG (Malang), SKDN (Sukadana), TMNBG (Tamanbogo), KRWN (Karangwuni), KRGRJK (Karangrejek), PROB (Probolinggo), dan SKBM (Sukabumi)

Biplot AMMI2 pada Gambar 2 menunjukkan struktur ragam interaksi genotip dengan lokasi tanam sebesar 71,9%. Bentuk elips menunjukkan pendekatan selang kepercayaan normal ganda.

Genotip G31, G34, dan G36 merupakan genotip yang stabil karena berada di dalam elips. Sementara genotip yang paling tidak stabil yaitu G40 dan G41 (Situpatenggang) dengan keragaman yang paling tinggi kemudian diikuti oleh genotip yang memiliki keragaman relatif tinggi yaitu G30, G29, G32, G33, G35, G36, G37, G38, G39, dan G42 dapat dikategorikan genotip tersebut tidak stabil. Lokasi dengan sumbangan keragaman yang tinggi terdapat pada Taman Bogo, Karangrejek, dan Karangwuni. Sementara terdapat genotip yang berinteraksi positif dengan lokasi Probolinggo yaitu G39 dan G40 serta G29 dan G41 dengan Sukadana.



Gambar 2. Biplot AMMI2 PC1 dengan PC2 pada interaksi antara genotip dan lokasi pada karakter produksi di seluruh lokasi MLG (Malang), SKDN (Sukadana), TMNBG (Tamanbogo), KRWN (Karangwuni), KRGRJK (Karangrejek), PROB (Probolinggo), dan SKBM (Sukabumi)

PEMBAHASAN

Interaksi genotip dan lingkungan (GEI) diperlukan pada analisis keunggulan genotip-genotip unggul (Baehaki et al., 1976), sebagai tolok ukur mengukur stabilitas genotip karena stabilitas suatu karakter pada suatu lingkungan bergantung pada besarnya interaksi GEI. Sementara jika tidak terdapat interaksi GEI maka akan dilakukan pemerinkatan untuk memilih genotip terbaik, yaitu dengan mengambil genotip yang memiliki rerata produksi tertinggi (Krisnawati et al., 2016). Hasil analisis AMMI1 berupa biplot hubungan antara hasil rata-rata gabah dengan skor *interaction principal component axis* (IPCA). Genotip dengan skor mutlak IPCA pada karakter hasil gabah per hektar yang lebih kecil menunjukkan bahwa genotip tersebut lebih stabil. Sumbu x (horizontal) dalam AMMI biplot menunjukkan peran genotip dan lingkungan terhadap hasil gabah per hektar sedangkan sumbu y (IPCA1) menggambarkan pengaruh interaksi yang menunjukkan sensitivitas genotip terhadap perbedaan lingkungan (stabilitas) (Firmansyah et al., 2020). Hasil analisis ragam gabungan menunjukkan adanya interaksi genetik dan lingkungan (GEI) antara 14 genotip padi yang diuji pada tujuh lokasi. Maka dapat disimpulkan kemampuan adaptasi dari tiap genotip padi pada ketujuh lokasi untuk mengetahui keunggulan relatif antar genotipnya. Berdasarkan hasil analisis AMMI1 terdapat satu genotip dengan produktivitas rata-rata tertinggi yaitu G42 (Inpago 9).

Sementara biplot AMMI2 dapat digunakan untuk menganalisa stabilitas genotip (Firmansyah et al., 2020; Samonte et al., 2005). Proyeksi genotip terhadap lingkungan untuk menduga interaksi dapat dibaca secara langsung pada biplot AMMI2. Jika proyeksi suatu genotip berdekatan dengan satu lingkungan maka genotip tersebut berinteraksi positif dengan lingkungan tersebut, atau dapat menggambarkan genotip yang beradaptasi baik pada lingkungan spesifik (Samonte et al., 2005). Genotip yang memiliki korelasi positif dengan lokasi tertentu yaitu G39 dan G40 yang unggul pada lokasi Probolinggo kemudian G29 dan G41 unggul pada lokasi Sukadana. Keempat genotip tersebut

termasuk kedalam genotip yang dapat beradaptasi baik pada lokasi tertentu. Hasil penelitian Fahmi et al. (2019) menunjukkan terdapat satu genotip padi yang berproduksi tertinggi pada lokasi tertentu sehingga dapat dijadikan varietas spesifik lokasi. Seperti halnya pada G42 yang berproduksi tertinggi namun berkorelasi dekat lokasi tanam Taman Bogo, sehingga G42 dapat dijadikan varietas spesifik lokasi Taman Bogo.

Selain adaptasi spesifik lokasi atau daerah tertentu (agroklimat tertentu) pada biplot AMMI2 dapat menunjukkan, genotip yang memiliki kemampuan adaptasi luas. Untuk menetapkan stabilitas suatu genotip dengan membuat koordinat dua dimensi dimana PC1 untuk genotip sebagai sumbu horizontal dan PC2 sebagai sumbu vertikal. Genotip yang berada dekat dengan titik pusat (0,0) merupakan genotip yang stabil (Neisse et al., 2018). Nilai kumulatif PC1 dan PC2 yang berkontribusi pada nilai interaksi sebesar 71,9%, hasil ini lebih tinggi dari penelitian Juharni et al. (2020) sebesar 60,9% yang menyatakan nilainya tergolong tinggi, cukup untuk menggambarkan interaksi GEI sehingga dapat mengabaikan sumbangan ragam PC yang lainnya pada biplot AMMI2. Nilai kumulatif proporsi PC1 dan PC2 pada ragam interaksi menunjukkan besarnya keragaman lingkungan yang menyebabkan keragaman produktivitas (hasil) padi.

Genotip unggul pada respons gabungan ditunjukkan berdasarkan produktivitas yang tinggi pada semua lokasi. Hasil biplot AMMI1 menunjukkan tujuh genotip yang memiliki produktivitas rata-rata lebih tinggi dari rerata produktivitas genotip seluruh lokasi. Berdasarkan analisis AMMI2 (Gambar 2) menunjukkan terdapat tiga genotip yang berada di dalam elips yaitu G31, G34, dan G36 ketiga genotip tersebut merupakan genotip yang stabil pada ketujuh lokasi yang dicoba. Namun hanya dua genotip yang memiliki produktivitas lebih tinggi dari rata-rata produksi (AMMI1), dan satu genotip yaitu G36 dengan rata-rata produktivitas lebih rendah dari rerata produksi pada seluruh lokasi. Hasil serupa juga didapatkan oleh Krisnawati et al. (2016) pada tanaman padi dimana didapatkan satu genotip yang memiliki stabilitas hasil yang baik tetapi memiliki rata-rata lebih rendah dari rata-rata produktivitas seluruh genotip pada semua lokasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Model AMMI dapat digunakan untuk studi stabilitas genotip. Hasil studi genotip yang memiliki stabilitas baik didapatkan sebanyak dua genotip yaitu G31 dan G34 yang memiliki rata-rata produksi lebih dari rerata seluruh genotip pada seluruh lokasi. Selain kedua genotip ini didapatkan juga genotip-genotip yang unggul pada lokasi Probolinggo yaitu G39 dan G40 serta G29 dan G41 pada lokasi Sukadana. Perbedaan karakteristik kemampuan genotip yang unggul pada lokasi tertentu dapat diusulkan menjadi varietas spesifik lokasi.

REFERENSI

- Adi, E. B. M., Indrayani, S., Burhana, N., & Mulyaningsih, E. S. (2021). Parameter genetik karakter agronomi pada galur F1 padi hasil persilangan galur murni dan kultivar lokal Indonesia. *Agrosainstek: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 5(1), 8-17. doi: 10.33019/agrosainstek.v5i1.143.
- Akmal., Gunarsih, C., & Samaullah, M. Y. (2015). Adaptasi dan stabilitas hasil galur-galur aromatik padi sawah di Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(1), 9. doi: 10.21082/jpntp.v33n1.2014.p9-16.
- Andayani., Nurini, N., Sunarti, S., Azrai, M., Praptana., & Heru, R. (2014). Stabilitas hasil jagung hibrida silang tunggal. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(3), 148-154.
- Azizah, E., Syafi'i, M., Adie, M. M., & Karuniawan, A. (2016). Stabilitas hasil galur harapan kedelai hitam di lokasi Jawa Barat berdasarkan metode Eberhart-Russel dan metode AMMI biplot. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 1(1), 11-17.
- Baehaki, A., Stucker, R. E., & Lambert, J. W. (1976). Association of genotype \times environment interactions with performance level of soybean line in preliminary yield test. *Crop Science Journal*, 16, 718-721.
- Fahmi, A. I., Anisa, R., & Kurnia, A. (2019). Analisis AMMI dengan menggunakan respon gabungan pada uji stabilitas tanaman padi gogo di Kabupaten Pacitan. *Indonesian Journal of Statistics and Applications*, 3(1), 1-17.

- Firmansyah, F., Kadarsih, S. A., & Taryono, T. (2020). Penggunaan teknik analisis AMMI biplot untuk mengenali aksesori wijen tahan salin. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 12(2), 86. doi: 10.21082/btسم.v12n2.2020.86-93.
- Gaffar, M. Y. H., Santoso, S. B., & Sunarti, S. (2012). Analisis stabilitas hasil dengan model eberhartrussels dan biplot pada UML jagung QPM. *Jurnal Informatika Pertanian*, 21(2), 89-94.
- Hadi, A. F., & Sa'diyah, H. (2004). Model AMMI untuk analisis interaksi genotipe x lokasi. *Jurnal Ilmu Dasar*, 5(1), 33-41.
- Juharni., Syukur, M., Suwarno, W. B., & Maharijaya, A. (2020). Analisis stabilitas parametrik hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) pada empat lokasi dataran rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(3), 258-267. doi: 10.24831/jai.v48i3.32977.
- Krisnawati, A., Basunanda, P., Nasrullah., & Adie, M. M. (2016). Analisis stabilitas hasil genotipe kedelai menggunakan metode additive main effect and multiplicative interaction (AMMI). *Informatika Pertanian*, 25(1), 41-50.
- Mulyani, A., Nursyamsi, D., & Syakir, M. (2017). Strategi pemanfaatan sumberdaya lahan untuk pencapaian swasembada beras berkelanjutan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1), 11-12.
- Neisse, A. C., Kirch, J. L., & Hongyu, K. (2018). AMMI and GGE biplot for genotype × environment interaction: A medoid-based hierarchical cluster analysis approach for high-dimensional data. *Biometrical Lett*, 55, 97-121.
- Sahara, D., & Kushartanti, E. (2019). Study on upland rice planting system in dry land in Boyolali District, Central Java. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(1), 65-72. doi: 10.18343/jipi.24.1.65.
- Samonte, S. O. P. B., Wilson, L. T., Clung, A. M. M., & Medley, J. C. (2005). Targeting cultivar onto rice growing environment using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Science Journal*, 45, 2414-2424.
- Sitairesmi, T., Nafisah., Gunarsih, C., & Daradjat, A. A. (2012). Analisis stabilitas hasil gabah galur-galur padi melalui pendekatan parametrik dan nonparametrik. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 31(2), 79-86.
- Sitairesmi, T., Gunarsih, C., Nafisah., Nugraha, Y., Abdullah, B., Hanarida, I., ... Suprihatno, B. (2016). Genotype x environment interaction of grain yield in rice. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35(2), 89-98.
- Sujiprihati, S., Syukur, M., & Yunianti, R. (2006). Analisis stabilitas hasil tujuh populasi jagung manis menggunakan metode additive main effect multiplicative interaction (AMMI). *Jurnal Agronomi Indonesia*, 34(2), 93-97.
- Sumertajaya, I. M. (1998). *Perbandingan model AMMI dan regresi linier untuk menerangkan pengaruh interaksi percobaan lokasi ganda*. Bogor: IPB.
- Widyastuti, Y., Satoto., & Rumanti, I. A. (2013). The application of regression analysis and AMMI to evaluate the stability of rice genotype and interaction effect between genotype and environment. *Informatika Pertanian*, 22(1), 21-28.