

## **EVALUASI DAYA GABUNG KARAKTER VEGETATIF GALUR JAGUNG MANIS (*Zea mays saccharata* Sturt) BERDASARKAN *GENOTIPE* + *GENOTIPE* × *ENVIRONMENT* (GGE) BILOT**

*(Evaluation of the Combining Ability of Vegetative Characters of Sweet Corn Lines (*Zea mays saccharata* Sturt) Based on Genotype + Genotype × Environment (GGE) Biplot)*

FAKHRI NASHARUL SYIHAB<sup>1</sup>, ADE ISMAIL<sup>1</sup>, YUYUN YUWARIAH<sup>1</sup>, DEDI RUSWANDI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang km. 21 Jatinangor, Kabupaten Sumedang 45363 Jawa Barat

\*E-mail: d.ruswandi@unpad.ac.id

### **ABSTRACT**

*Sweet corn is an important commodity to support agriculture in Indonesia. Low productivity is a problem experienced in domestic sweet corn farming. This research aims to estimate the general combining ability (GCA) & specific combining ability (SCA) of sweet corn based on GGE biplot. The research was conducted in Cikajang Village, Cikajang District, Garut Regency. The research was conducted from April to July 2023. The research used a randomized block design with 40 treatments repeated three times. The results of the variance analysis showed a significant influence of line, tester, & line × tester interaction on the characteristics of plant height, number of leaves, & stem diameter. Based on the GGE Biplot analysis, the GGE biplot pattern "Mean vs Stability" identifies the general combining ability (GCA). There are seven lines that have good GCA in terms of plant height & number of leaves. The best SCA based on the GGE biplot pattern "Which Won Where/What" indicates that there are two combinations of line × tester crosses for each character of plant height, number of leaves, & stem diameter.*

*Keywords : Combining Ability, GGE Biplot, Sweet Corn, Vegetative*

### **PENDAHULUAN**

Jagung manis merupakan salah satu komoditas pertanian yang penting dalam menunjang pertanian di Indonesia. Jagung manis memiliki kandungan gizi seperti karbohidrat, glukosa, protein, vitamin, mineral, lemak, dan antioksidan yang baik untuk kesehatan (Swapna *et al.* 2020). Jagung manis dimanfaatkan oleh masyarakat dalam berbagai bentuk olahan pangan seperti dodol, sirup, kripik, bahkan dimanfaatkan secara langsung seperti jagung rebus dan jagung bakar (El Hasanah & Isfianadewi 2019). Jagung manis memiliki umur panen yang lebih singkat dibandingkan jagung pipil serta harga jual yang relatif tinggi sehingga mampu dimanfaatkan secara ekonomis oleh petani (Patmawati *et al.* 2021).

Organ vegetatif merupakan organ penting yang terdapat pada tanaman. Pertumbuhan organ vegetatif dit&ai dengan pertambahan volume, ukuran, dan perubahan fisiologis pada organ seperti daun, batang, dan akar (Suwignyo *et al.* 2023). Pertumbuhan organ vegetatif berperan krusial dalam pertumbuhan jagung manis seperti fotosintesis, menyerap unsur hara, dan adaptasi tanaman terhadap lingkungan yang kurang mendukung. Fotosintesis dilakukan dengan bantuan organ vegetatif daun (Alatas *et al.* 2019). Selain digunakan dalam proses fotosintesis, organ vegetatif berupa batang dan daun jagung digunakan masyarakat sebagai pakan dan kompos (Lorenza *et al.* 2016)

Permasalahan pertanian jagung manis adalah produktivitas yang dihasilkan masih rendah. Perlunya pengembangan varietas unggul merupakan cara dalam meningkatkan produktivitas jagung manis. Hibridisasi merupakan salah satu cara dalam mengembangkan varietas unggul (Syukur *et al.*

2012). Metode hibridisasi dapat memberikan informasi daya gabung pada karakter yang diujikan (Fellahi *et al.* 2013). Karakter vegetatif yang diujikan diantaranya tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Penelitian Fahrinda *et al.* (2024) menunjukkan bahwa jumlah daun berkorelasi dengan bobot biji kering jagung. Daya gabung merupakan kemampuan suatu galur untuk berkombinasi dalam menghasilkan keturunan yang diharapkan. Analisis daya gabung dapat memberikan informasi mengenai pewarisan dan memungkinkan pemulia menyeleksi galur terbaik yang dapat digunakan sebagai tetua yang memiliki hasil tinggi (Amegbor *et al.* 2023).

Analisis *line x tester* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi daya gabung. Analisis *line x tester* adalah bentuk modifikasi *design topcross*. Penggunaan *tester* yang digunakan dalam analisis *line x tester*, adalah lebih dari 1 *tester*. Analisis *line x tester* mampu mengestimasi pengaruh daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) suatu galur persilangan (Kamara *et al.* 2014). Penggunaan GGE biplot dalam mengevaluasi daya gabung dapat memudahkan perkiraan daya dari *tester* yang digunakan dalam analisis *line x tester* (Momeni *et al.* 2020). Penggunaan GGE biplot juga berpotensi untuk menyeleksi hibrida unggul yang dievaluasi pada berbagai kondisi lingkungan (Rusw&i *et al.* 2023). GGE biplot merupakan analisis multi-lingkungan yang digunakan untuk melihat pengaruh genotipe dan interaksi genotipe dengan lingkungannya (Ahmed *et al.* 2019).

Universitas Padjadjaran (Unpad) sedang mengembangkan jagung manis yang tetuanya dikembangkan melalui seleksi dan mutasi. Berdasarkan analisis *topcross*, galur jagung manis Unpad yang dijadikan tetua memiliki daya gabung yang beragam (Melati *et al.* 2013). Hibrida silang tunggal yang dimiliki Universitas Padjadjaran memiliki daya hasil tinggi dan berumur genjah (Rusw&i *et al.* 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, jagung manis yang dikembangkan belum diketahui mengenai daya gabung pada organ vegetatifnya. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi daya gabung organ vegetatif jagung manis yang dikembangkan berdasarkan analisis *line x tester* dengan menggunakan GGE Biplot.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Cikajang Kecamatan Cikajang Kabupaten Garut. Desa Cikajang memiliki ketinggian 1346 m di atas permukaan air laut (dpl). Percobaan dilaksanakan dari bulan April sampai bulan Juli 2023.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah materi genetik koleksi Laboratorium Pemuliaan Tanaman Universitas Padjadjaran. Materi genetik tersebut adalah berupa 20 galur jagung manis yang digunakan sebagai *line* dan 2 galur jagung manis yang digunakan sebagai *tester* (Tabel 1.) sehingga menciptakan persilangan *line x tester* sebanyak 40 persilangan galur. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran ukur, jangka sorong, dan alat tulis.

Tabel 1. Materi genetik yang digunakan dalam analisis *line x tester*

| Parental | Galur                 |
|----------|-----------------------|
| L1       | <i>Line</i> 20040 – 1 |
| L2       | <i>Line</i> 20042 – 3 |
| L3       | <i>Line</i> 20136 – 2 |
| L4       | <i>Line</i> 20136 – 1 |
| L5       | <i>Line</i> 20136 – 3 |
| L6       | <i>Line</i> 20136 – 5 |
| L7       | <i>Line</i> 20163     |
| L8       | <i>Line</i> 20072 – 2 |
| L9       | <i>Line</i> 20072 – 4 |
| L10      | <i>Line</i> 20072 – 3 |
| L11      | <i>Line</i> 20137 – 9 |
| L12      | <i>Line</i> 20137 – 6 |

|     |               |           |
|-----|---------------|-----------|
| L13 | <i>Line</i>   | 20151 – 6 |
| L14 | <i>Line</i>   | 20031 – 2 |
| L15 | <i>Line</i>   | 20157     |
| L16 | <i>Line</i>   | 20169     |
| L17 | <i>Line</i>   | 20172     |
| L18 | <i>Line</i>   | 20171     |
| L19 | <i>Line</i>   | 20165     |
| L20 | <i>Line</i>   | 20166     |
| T1  | <i>Tester</i> | 20157     |
| T2  | <i>Tester</i> | 20172     |

### Metode Penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 40 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 120 satuan percobaan. Ukuran petak yang digunakan adalah ukuran 2 x 1 m dengan jarak tanam 75 x 25 cm. Jumlah sampel yang digunakan persatuan percobaan adalah sebanyak 30% dari total populasi persatuan percobaan. Parameter pengamatan yang diamati diantaranya tinggi tanaman (cm), jumlah daun, dan diameter batang (mm).

### Analisis data

#### a. Analisis Varians *Line x Tester*

Model linier analisis varians *line x tester* menurut Singh dan Chaudary (1977) adalah sebagai berikut

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- $Y_{ijk}$  : nilai genotipe persilangan antara *Line* ke - i, *tester* ke - j, dan ulangan ke - k,
- $\mu$  : nilai rata - rata semuan persilangan,
- $g_i$  : daya gabung umum (DGU) *line* ke - i,
- $g_j$  : daya gabung umum (DGU) *tester* ke - j,
- $S_{ij}$  : daya gabung khusus (DGK) antara *line* ke - i dan *tester* ke - j,
- $\varepsilon_{ijk}$  : pengaruh galat percobaan pada *line* ke - i, *tester* ke - j, dan ulangan ke - k.

#### b. Analisis Daya Gabung *Line x Tester* Berdasarkan GGE Biplot

Analisis daya gabung diperoleh berdasarkan ranking biplot. Ranking plot terdiri dari komponen *average tester coordination* (ATC) yang terdiri pusat rata - rata *tester*, sumbu ATC dan ordinat ATC. Daya gabung umum (DGU) tertinggi merupakan entri yang terletak paling ujung berdasarkan arah proyek sumbu ATC. Daya gabung khusus (DGK) terbaik dapat ditentukan berdasarkan letak entri dan *tester* pada sektor yang sama berdasarkan pada tampilan visual *scatter plot*.

Model linier analisis daya gabung *line x tester* dengan menggunakan GGE biplot menurut Yan (2001) adalah sebagai berikut :

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

Keterangan:

- $Y_{ij}$  : nilai genotipe persilangan antara *line* ke-i dan *tester* ke-j
- $\beta_j$  : nilai rata-rata persilangan yang melibatkan *tester* ke-j
- $\lambda_1$  dan  $\lambda_2$  : nilai tunggal untuk PC1 dan PC2
- $\xi_{i1} \eta_{j1}$  : vektor eigen untuk PC1 terkait dengan *line* ke-i
- $\xi_{i2} \eta_{j2}$  : vektor eigen untuk PC2 yang terkait dengan *tester* ke-j
- $\varepsilon_{ij}$  : pengaruh galat percobaan pada karakter ke-i dan karakter ke-j

### HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Ragam *Line x Tester*

Tabel 2 menampilkan hasil analisis ragam (ANOVA) daya gabung *line x tester*. Karakter tinggi tanaman menunjukkan genotipe, *line*, *tester*, dan interaksi *line x tester* menunjukkan hasil yang signifikan ( $p>0.01$ ). Karakter jumlah daun ulangan, genotipe, *line*, *tester*, dan interaksi *line x tester* menunjukkan ( $p>0.01$ ). Karakter diameter batang genotipe, *line*, dan interaksi *line x tester* menunjukkan hasil yang signifikan ( $p>0.01$ ), sedangkan untuk ulangan dan *tester* menunjukkan hasil yang signifikan juga ( $p>0.05$ ).

Tabel 2. Analisis ragam karakter vegetative dalam pengujian *line x tester*

| Sumber Keragaman     | Db | TT      | JD      | DB      |
|----------------------|----|---------|---------|---------|
| Ulangan              | 2  | 1.27    | 7.19**  | 3.17*   |
| Genotipe             | 39 | 3.31**  | 3.27**  | 43.76** |
| <i>Line</i>          | 19 | 2.41**  | 2.78**  | 41.25** |
| <i>Tester</i>        | 1  | 38.97** | 37.31** | 5.82*   |
| <i>Line x tester</i> | 19 | 2.34**  | 1.96**  | 48.26** |

Keterangan : \*\* Berbeda nyata berdasarkan uji-F pada taraf 0.01; \* Berbeda nyata berdasarkan uji-F pada taraf 0.05; db : derajat bebas; TT : tinggi tanaman (cm); JD : jumlah daun; DB : diameter batang (mm).

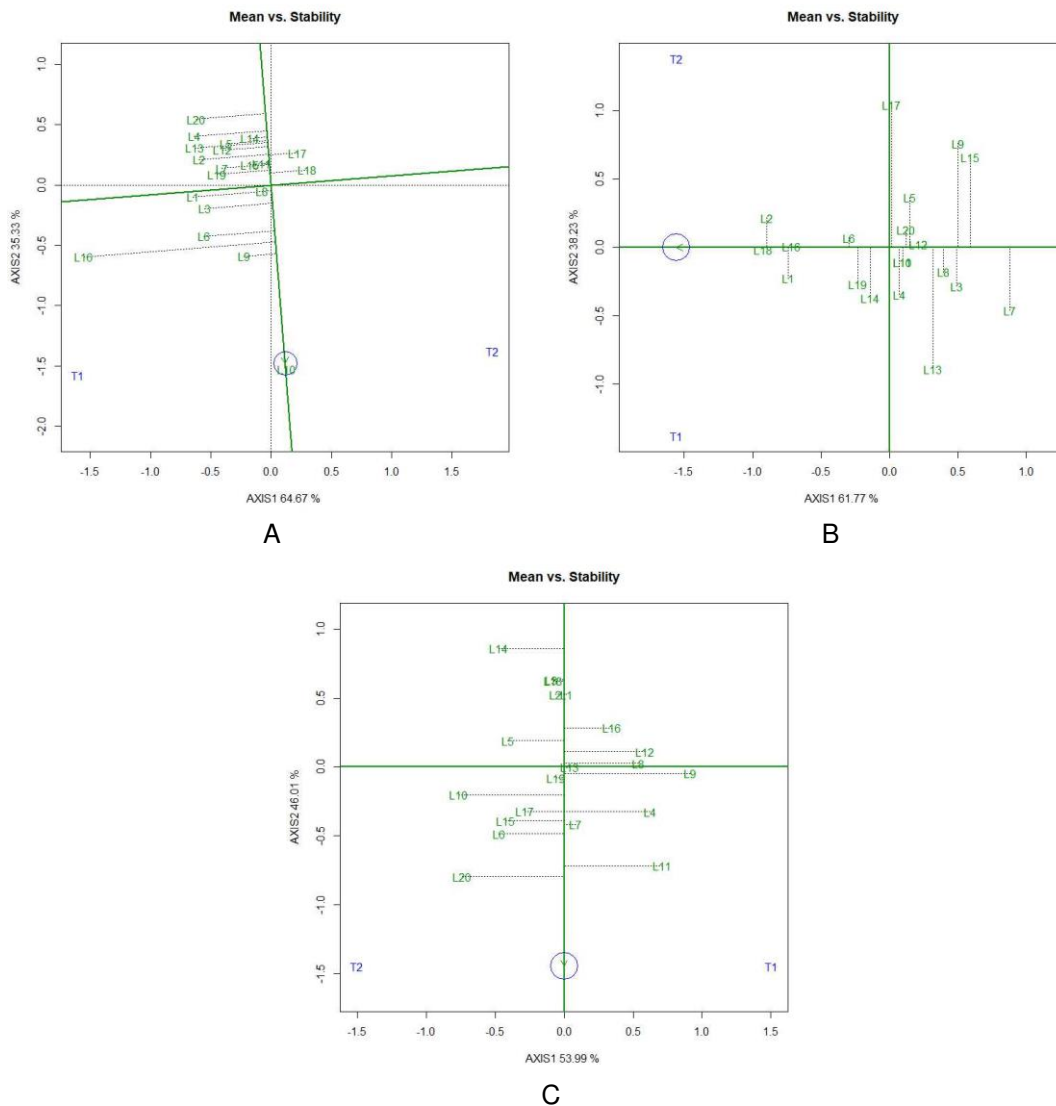
Sumber keragaman *line*, *tester*, dan *line x tester* digunakan untuk mempertimbangkan dalam evaluasi nilai daya gabung. Karakter yang menunjukkan hasil yang signifikan pada sumber keragaman dapat dilakukan evaluasi daya gabung (Liu *et al.* 2021). Hasil yang signifikan pada komponen *line x tester*, menunjukkan adanya pengaruh DGK yang tinggi. Hal tersebut dipengaruhi oleh gen non – aditif dib&ingkan gen aditif (Rusw&i *et al.* 2015).

### Analisis Daya Gabung *Line x Tester* Berdasarkan GGE Biplot

#### Daya Gabung Umum (DGU)

Daya gabung umum (DGU) adalah parameter yang penting dalam penentuan tetua yang akan digunakan dalam persilangan. DGU diperlukan dalam mengevaluasi dan menyeleksi tetua yang akan digunakan dalam proses persilangan. Pengaruh DGU dapat dimanfaatkan pemulia tanaman untuk mengevaluasi calon tetua (Supriyanta *et al.* 2023). Hasil evaluasi DGU tersaji pada Gambar 1.

Data pada Gambar 1 menunjukkan biplot GGE pola “*Mean vs Stability*” pada karakter tinggi tanaman (Gambar 1A), jumlah daun (Gambar 2B) dan diameter batang (Gambar 2C). Pola GGE biplot “*Mean vs stability*” mengurutkan genotipe berdasarkan berbagai sifat dan mengidentifikasi genotipe yang memiliki DGU yang baik (Yan & Kang 2002). DGU terbaik adalah entri yang terletak di akhir berdasarkan arah proyeksi biplot “*Mean vs Stability*” (Yan 2001). Hasil penelitian menunjukkan pada karakter tinggi tanaman (Gambar 1a) galur terbaik berdasarkan analisis DGU dengan menggunakan GGE biplot ditunjukkan oleh L10, L9, L16, L6, L3, L8, dan L1. Pada karakter jumlah daun, terdapat 7 galur terbaik berdasarkan analisis DGU dengan menggunakan GGE biplot secara berurutan ditunjukkan oleh L2, L18, L16, L1, L19, dan L14. Pada karakter diameter batang, galur terbaik berdasarkan analisis DGU dengan menggunakan GGE biplot secara berurutan ditunjukkan oleh L20, L11, L6, L7, L15, L4, L17, L10, L19, L9, dan L13.

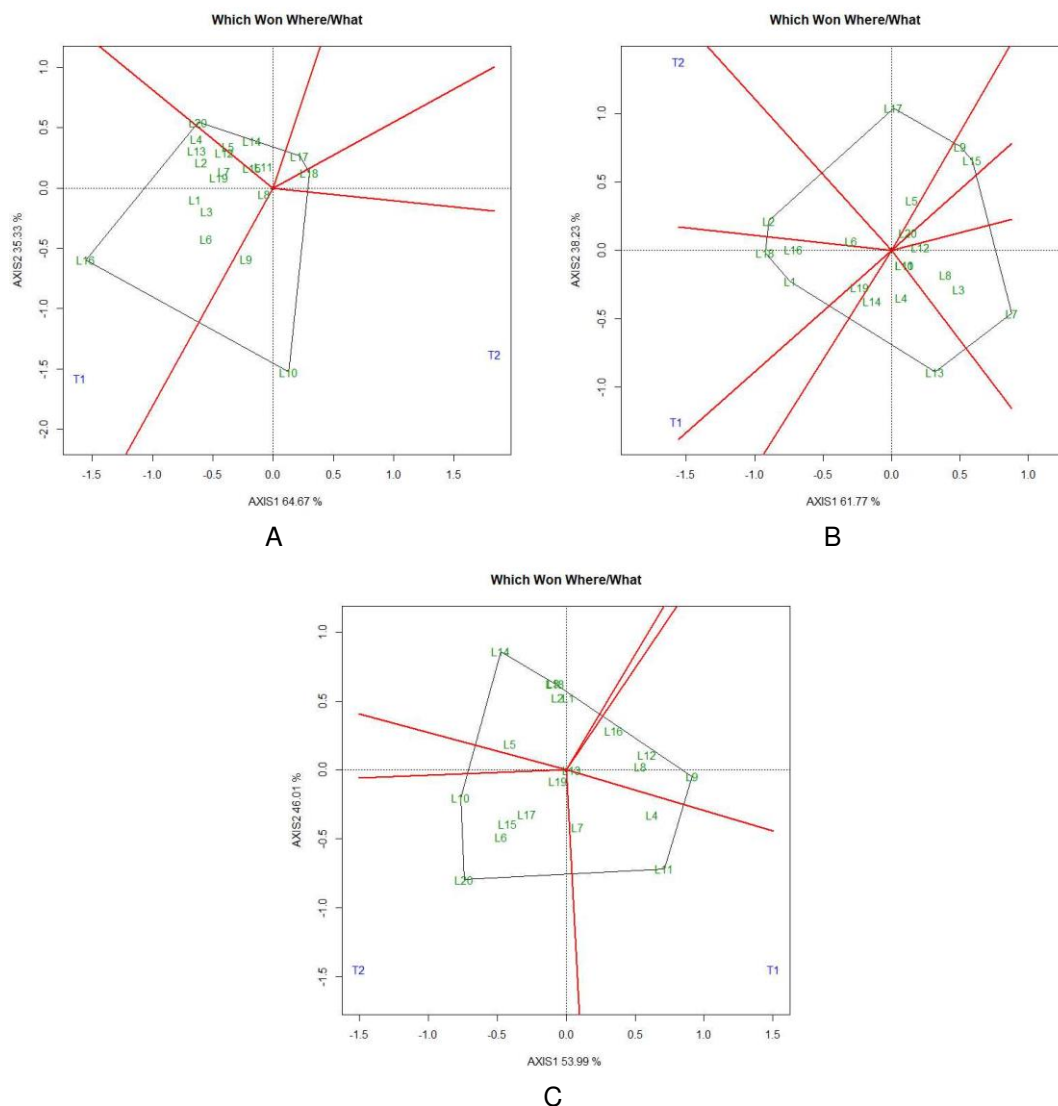


Gambar 1. Analisis daya gabung *line* × *tester* menggunakan biplot GGE pola “*Mean vs stability*”. ‘L’ menunjukkan *line* dan ‘T’ menunjukan *tester*. “*Mean vs stability*” biplot menunjukkan DGU. A. Tinggi tanaman (cm), B. Jumlah daun, C. Diameter batang (mm)

Galur dengan daya gabung umum terbaik diakibatkan oleh gen aditif yang dominan terhadap suatu karakter (Hallauer & Miranda 2010). Perakitan jagung manis untuk dataran tinggi diharapkan memiliki morfologi tanaman yang tinggi. Hal tersebut bertujuan untuk memaksimalkan tanaman dalam mendapatkan cahaya matahari sehingga proses fotosintesis lebih optimal (Hutasoit *et al.* 2020). Begitu juga pada karakter jumlah daun, organ daun sangat berkaitan dengan proses fotosintesis. Semakin banyak jumlah daun pada tanaman jagung, maka proses pengisian biji jagung akan lebih banyak mendapatkan fotosintat (Alatas *et al.* 2019). Organ batang merupakan organ penopang tanaman. Tetua dengan diameter batang besar diharapkan menjadi tetua yang dimanfaatkan dalam perakitan varietas jagung manis yang tahan kerebahan. Diameter batang yang besar dan memiliki dinding yang tebal akan menguntungkan tanaman sehingga tidak akan mudah rebah (Liu *et al.* 2022).

### Daya Gabung Khusus (DGK)

Daya gabung khusus (DGK) merupakan komponen penting dalam perakitan varietas hibrida. DGK digunakan untuk mengestimasi suatu penampilan genotipe kombinasi persilangan tertentu yang didasarkan pada penampilan rataan galur yang terlibat (Setyowidianto *et al.* 2017). Analisis daya gabung berperan penting dalam mengevaluasi pasangan galur yang disilangkan (Putri *et al.* 2022). Hasil evaluasi DGK menggunakan GGE biplot dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisis daya gabung *line*  $\times$  *tester* menggunakan biplot GGE pola “Which Won Where/What”. ‘L’ menunjukkan *line* dan ‘T’ menunjukkan *tester*. “Which Won Where/What” biplot menunjukkan DGK. A. Tinggi tanaman (cm), B. Jumlah daun, C. Diameter batang (mm)

Data pada Gambar 2 menunjukkan pola biplot GGE pola “Which Won Where/What” pada karakter tinggi tanaman (Gambar 2A), jumlah daun (Gambar 2B) dan diameter batang (Gambar 2C). GGE biplot pola “Which Won Where/What” memvisualisasikan data berupa interaksi antara *entry* (*line*) dengan *tester*. GGE biplot pola “Which Won Where/What” dapat digunakan untuk mengevaluasi persilangan *line*  $\times$  *tester* yang memiliki penampilan terbaik (Yan & Kang 2002). DGK terbaik ditentukan berdasarkan letak *line* dan *tester* pada sektor yang sama pada visualisasi *scatter plot* (Yan 2001).

Hasil penelitian pada karakter tinggi tanaman (Gambar 2A), terdapat 2 kombinasi persilangan *line*  $\times$  *tester* yang memiliki DGK terbaik berdasarkan tampilan biplot diantaranya L16  $\times$  T1 dan L10  $\times$  T2. Pada karakter jumlah daun (gambar 2B), terdapat 2 kombinasi persilangan *line*  $\times$  *tester* yang memiliki DGK terbaik berdasarkan tampilan biplot diantaranya L2  $\times$  T2 dan L18  $\times$  T2. Pada karakter diameter batang (Gambar 2C) diameter batang terdapat 2 kombinasi persilangan *line*  $\times$  *tester* yang memiliki DGK terbaik berdasarkan tampilan biplot diantaranya L20  $\times$  T2 dan L11  $\times$  T1. Pasangan galur antara *line* dengan *tester* yang memiliki daya gabung yang baik berdasarkan visualisasi biplot ditunjukkan dengan galur (*line*) yang terletak pada garis *convex hull* dengan *tester* yang berada pada sektor yang bersebrangan (Yan & Kang 2002).

Daya gabung khusus (DGK) merupakan kemampuan relatif kombinasi persilangan yang berkaitan dengan aksi gen non – aditif, terutama oleh rasio dominan, epistasis atau efek interaksi genotipe  $\times$  lingkungan (Rukundo *et al.* 2017). Penilaian terhadap DGK diperlukan untuk melakukan

seleksi pasangan galur yang memiliki kombinasi tinggi (Supriatna *et al.* 2022). Besaran nilai DGK digunakan untuk menduga aktivitas gen non-aditif (dominan dan epistasis). Jika nilai pasangan tertentu lebih baik daripada nilai rata-rata keseluruhan persilangan yang terlibat, dikatakan daya gabung khususnya baik (Poehlman & Sleeper 1995). Informasi mengenai nilai daya gabung khusus sangat diperlukan dalam pengembangan varietas hibrida (Al-Mamun *et al.* 2022).

### KESIMPULAN

Penggunaan GGE biplot sangat efisien dalam mengevaluasi DGU dan DGK. DGU terbaik berdasarkan tampilan GGE biplot terdapat 7 galur terseleksi pada karakter tinggi tanaman dan jumlah daun dan 11 galur terseleksi pada karakter diameter batang. DGK terbaik berdasarkan tampilan GGE biplot menunjukkan masing - masing 2 kombinasi persilangan *line x tester* pada karakter tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi kepada Universitas Padjadjaran yang telah membiayai riset ini melalui hibah *Academic Leadership Grant* (ALG) tahun anggaran 2023 yang diberikan kepada Prof. Ir. Dedi Ruswandi, M.Sc, Ph.D dan Prof. Ir. Dr. Yuyun Yuwariah, M.S.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, MA, Abdelsatar, MA, Attia, MA & Abeer AA 2019, 'GGE biplot analysis of Line by tester for seed yield & its attributes in sunflower', *RUDN Journal of Agronomy & Animal Industries*, Vol. 14, no. 4 hlm. 374–389, doi:10.22363/2312-797x-2019-14-4-374-389.
- Al-Mamun, M, Rafii, MY, Misran, AB, Berahim, Z, Ahmad, Z, Khan, MMH, & Oladosu, Y 2022, 'Combining ability & gene action for yield improvement in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under tropical conditions through diallel mating design', *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1 hlm. 1–22, doi:10.1038/s41598-022-13529-y.
- Alatas, S, Siradjuddin, I, Irfan, M, & Annisava, AR 2019, 'Pertumbuhan Dan Hasil Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata* Sturt.) Yang Ditanam Dengan Tanaman Sela Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban) Pada Beberapa Taraf Dosis Pupuk Anorganik', *Jurnal Agroteknologi*, vol. 10, no. 1, hlm. 23–32.
- Amegbor IK, van Biljon A, Shargie NG, Tarekegne A & Labuschagne MT 2023, 'Combining ability estimates for quality & non-quality protein maize inbred lines for grain yield, agronomic, & quality traits', *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 7, doi:10.3389/fsufs.2023.1123224.
- Fahrinda, FR, Suryanti, S, & Purwanti, S 2024, 'Sifat Daun, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Hibrida pada Berbagai Dosis Pupuk N', *Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 20, no. 1, hlm. 65–71.
- Fellahi, ZEA, Hannachi, A, Bouzerzour, H, & Boutekrabt, A, 2013, 'Line × Tester Mating Design Analysis for Grain Yield & Yield Related Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)', *International Journal of Agronomy*, vol. 201, hlm. 1–9, doi:10.1155/2013/201851.
- Hallauer, A & Mir&a, J, 2010, *Quantitative Genetics in Maize Breeding*, Iowa State University Press.
- El Hasanah, LLN, & Isfianadewi, D, 2019, 'Diversifikasi Pangan Olahan Jagung Manis Sebagai Upaya Pengembangan Agroindustri di Desa Soropaten', *J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 4, no.1, hlm. 28–33, doi:10.25047/j-dinamika.v4i1.1045.
- Hutasoit, RI, Chozin, M, & Setyowati, N, 2020 'Pertumbuhan Dan Hasil Delapan Genotipe Jagung Manis Yang Dibudidayakan Secara Organik Di Lahan Rawa Lebak', *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 22, no. 1, hlm. 45–51, doi:10.31186/jipi.22.1.45-51.
- Kamara, MM, El-Degwy, IS, & Koyama, H, 2014 'Estimation combining ability of some maize inbred lines using line × tester mating design under two nitrogen levels', *Australian Journal of Crop Science*, vol. 8, no. 9, hlm. 1336–1342.
- Liu, Q, Yin, C, Li, X, He, C, Ding, Z, & Du, X, 2022 'Lodging resistance of rice plants studied from the perspective of culm mechanical properties, carbon framework, free volume, and chemical composition', *Scientific Reports*, vol. 12, no.1, hlm. 1–13, doi:10.1038/s41598-022-24714-4.
- Liu, Z, Jiang, J, Ren, A, Xu, X, Zhang, H, Zhao, T, Sun, XJY, Li, J, & Yang, H, 2021 'Heterosis and combining ability analysis of fruit yield, early maturity, & quality in tomato', *Agronomy*, vol. 11, no. 4, hlm. 1–15, doi:10.3390/AGRONOMY11040807.
- Lorenza, E, Chozin, M, & Setyowati, N, 2016 'Hubungan Antar Sifat Jagung Manis yang Dibudidayakan Secara Organik', *Akta Agrosia*, vol. 19, no. 2, hlm. 129–138, doi:10.31186/aa.19.2.129-138.
- Melati, R, Rachmadi, M, & Ruswandi, D, 2013, 'Parameter Genetik dan Penampilan Fenotipik Hibrida Jagung Manis Unpad Di Arjasari, B&ung, Jawa Barat', in *Prosiding Seminar Nasional Perhorti 2013*.

Momeni, H, Shiri, M, Hervan, EM, & Khosroshahli, M, 2020, 'The usefulness of gge biplot methodology for line  $\times$  tester data of maize inbred lines', *Bragantia*, vol. 79, no. 4, hlm. 412–420, doi:10.1590/1678-4499.20200130.

Patmawati, A, Suriaatmaja, ME, & Widuri, N, 2021, 'Analisis Pendapatn Usaha Tani Jagung Manis Di Kelurahan Tani Aman Kecamatan Loa Janan Ilir Kota Samarinda', *Jurnal Agribisnis Dan Komunikasi Pertanian*, vol. 4, no. 2, hlm. 67–74, doi:10.35941/jakp.4.2.2021.5173.67-74.

Poehlman JM & Sleeper DA, 1995, *Breeding Field Crops Panama*, Panama Publishing Corporation, Iowa.

Putri, LDN, Saptadi, D, & Waluyo, B, 2022, 'Analisis Daya Gabung dan Aksi Gen Jagung (*Zea mays* L) menggunakan Rancangan Perkawinan Line  $\times$  Tester', *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, vol. 6, no. 2, hlm. 191–201, doi:10.25047/agriprima.v6i2.492.

Rukundo, P, Shimelis, H, Laing, M, & Gahakwa, D, 2017 'Combining ability, maternal effects, & heritability of drought tolerance, yield & yield components in sweetpotato', *Frontiers in Plant Science*, vol. 7, hlm. 1–14, doi:10.3389/fpls.2016.01981.

Ruswandi, D, Maulana, H, Karuniawan, A, Mansyur, Ismail, A, Maxiselly, Y, Fauzan, MR, Abdullah, MA, & Yuwariah, Y, 2023, 'Multi-Traits Selection of Maize Hybrids under Sole-Crop & Multiple-Crops with Soybean', *Agronomy*, vol. 13, no. 10, hlm. 1–20, doi:10.3390/agronomy13102448.

Ruswandi, D, Supriatna, J, Makkulawu, AT, Waluyo, B, Marta, H, Suryadi, E, & Ruswandi, S, 2015 'Determination of combining ability & heterosis of grain yield components for maize mutants based on line  $\times$  tester analysis', *Asian Journal of Crop Science*, vol. 7, no. 1, hlm. 19–33, doi:10.3923/ajcs.2015.19.33.

Ruswandi, D, Supriatna, J, Suryadi, E, Indriani, NP, Wicaksana, N, & Syafii, M, 2021 'Evaluasi kegenjahan dan daya hasil jagung manis hibrida Indonesia menggunakan analisis GGE biplot pada lingkungan yang berbeda', *Kultivasi*, vol. 20, no. 2, hlm. 120–128, doi:10.24198/kultivasi.v20i2.32748.

Setyowidianto, EP, Basuki, N, & Damanhuri, 2017 'Daya Gabung dan Heterosis Galur Jagung (*Zea mays* L.) pada Karakter Hasil dan Komponen Hasil', *J. Agron. Indonesia*, vol. 45, no. 2, hlm 124, doi:10.24831/jai.v45i2.11650.

Singh, S. & Chaudary, B, 1977, *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*, Kalyani Publisher, New Delhi.

Supriatna, J, Chaidir, L, Miharja, D, Rahmaniari, D, & Ruswandi, D, 2022, 'Combining Ability & Heterosis of Eight Sweetcorn Inbred-lines Based on Diallel Analysis in West Java Indonesia', in *Conference: The 2nd Universitas Lampung International Conference on Science, Technology, & Environment (ULISCoSTE) 2021*, AIP Conrence Proceeding, B&ar Lampung, doi:<https://doi.org/10.1063/5.0105057>.

Supriyanta, B, Pratama, MS, & Nabila, N, 2023, 'Pendugaan Daya Gabung Umum dan Daya Gabung Khusus Jagung Manis dengan Persilangan Diallel Metode Griffing-1 Estimated General Combining Ability & Specific Combining Ability Sweet Corn Using Diallel Crossing Griffing-1 Method', *Vegetalika*, vol. 12, no. 2, hlm. 146–159.

Suwignyo, B, Aristia, Rini, E, & Helmiyati, S, 2023, 'The profile of tropical alfalfa in Indonesia: A review', *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 30, no. 1, doi:10.1016/j.sjbs.2022.103504.

Swapna, G, Jadesha, G, & Mahadevu, P, 2020, 'Sweet Corn - A Future Healthy Human Nutrition Food', *International Journal of Current Microbiology & Applied Sciences*, vol. 9, no. 7, hlm. 3859–3865, doi:10.20546/ijcmas.2020.907.452.

Syukur, M, Sujiprihati, S & Yuniarti, R, 2012, *Teknik Pemuliaan Tanaman*, Cetakan Pe, S Nugroho &

Febriani (eds), Penebar Swadaya, Jakarta.

Yan, W, 2001, 'GGEbiplot - A windows application for graphical analysis of multienvironment trial data & other types of two-way data', *Agronomy Journal*, vol. 93, no. 5, hlm. 1111–1118, doi:10.2134/agronj2001.9351111x.

Yan, W & Kang, MS, 2002, *GGE Biplot Analysis A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, & Agronomists*, CRC Press, Boca Raton, doi:<https://doi.org/10.1201/9781420040371>.