

## Aksi Gen dan Daya Gabung pada Persilangan Jagung Ketan Ungu terhadap Karakter Hasil

### *Gene Action and Combining Ability of purple Waxy Corn Crosses on Yield Characters*

Asriyanto Arsyam<sup>1</sup>, Darmawan Saptadi<sup>2</sup>, Arifin Noor Sugiharto<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate Program, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

<sup>2</sup>Department of Agricultural Cultivation, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

\*Corresponding author email: [sugiharto.noor@gmail.com](mailto:sugiharto.noor@gmail.com)

**Article history:** submitted: March 14, 2024; accepted: July 30, 2024; available online: July 31, 2024

**Abstract.** *New superior hybrid development programs continue to be carried out, considering the high demand for corn. Understanding the nature of the action of the genes involved in certain traits is very important to increase crop yields. Diallel crosses are used to determine the actions of additive and non-additive genes controlling of desirable traits. This study aimed to obtain information on gene action and combining ability in purple maize crosses. The research was conducted in Junrejo Sub-district, Batu City, East Java Province, with an altitude of  $\pm 600$  m with a daily temperature of 18.1 - 31.0 °C. The materials used were four parental line of purple corn 12 M - 01, 12 M - 02, 12 M - 03, 12 M - 04. This research was carried out using a full diallel mating design with 16 cross combinations of 4 parents, 6 crosses between parents and 6 reciprocal crosses with three replications. The results showed that the variance in general combining ability (GCA) from highest to lowest was sequentially found in the characteristics of cob diameter (2.7678), weight of corn without cornhusks (1.1522), cob weight (0.8112), weight of 100 seeds (0.426), Brix content (0.3266), number of rows of seeds/cobs (0.2238), length of cobs (0.0861) and weight of corn with cornhusks (-1.5091). The variance of specific combining ability (SCA) from highest to lowest in sequence was found in the characteristics of corn weight with cornhusks (49.6993), corn weight without cornhusks (36.1253), cob weight (7.0353), Brix content (3.0065), cob length (2.1695), cob diameter (0.7424), number of rows of seeds/cobs (-0.3573) and weight of 100 seeds (-5.3678). The highest to lowest DGU:DGK variance ratio was found in the characteristics of cob diameter (3.7285), cob weight (0.1153), Brix content (0.1086), cob length (0.0397), weight of corn without cornhusks (0.0319), weight of corn with cornhusks (-0.0304), number of rows of seeds/cobs (-0.06264) and weight of 100 seeds (-0.0794). A ratio value of  $\sigma^2DGU/\sigma^2DGK$  that is less than one indicates that the influence of SCA is greater than the influence of GCA. Non-additive gene action is found in the characteristics of number of rows of seeds per cob, cob length, cob weight, weight of 100 seeds, weight of corn without cornhusks, weight of corn with cornhusks and Brix content. The degree of dominance shows that partial dominance occurs in the cob diameter character. Positive over-dominance occurred in several characters of corn weight with cornhusks, corn weight without cornhusks, cob length, cob weight, weight of 100 kernels and Brix content and negative in the character of number of rows of seeds/cobs.*

**Keywords:** diallel; gene action; general combining ability; purple corn; specific combining ability

**Abstrak.** Program pengembangan hibrida unggul baru terus dilakukan mengingat tingginya permintaan jagung. Pemahaman sifat aksi gen yang terlibat dalam sifat tertentu sangat penting untuk meningkatkan hasil panen. Persilangan dialel berguna untuk menentukan aksi gen aditif dan non-aditif yang mengendalikan sifat-sifat yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai aksi gen dan kemampuan kombinasi pada persilangan jagung ungu. Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur dengan ketinggian tempat  $\pm 600$  m dpl dengan suhu harian 18,1-31,0°C. Bahan yang digunakan adalah empat galur tetua jagung ungu 12 M - 01, 12 M - 02, 12 M - 03, 12 M - 04. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan perkawinan diallel penuh dengan 16 kombinasi persilangan yang terdiri dari 4 tetua, 6 persilangan antara tetua dan 6 persilangan resiprok dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan varians daya gabung umum (DGU) dari tertinggi ke rendah secara berurutan terdapat pada karakter diameter tongkol (2.7678), berat jagung tanpa klobot (1.1522), berat tongkol (0.8112), berat 100 biji (0.426), kadar Brix (0.3266), jumlah baris biji/tongkol (0.2238), panjang tongkol (0.0861) dan berat jagung dengan klobot (-1.5091). Varians daya gabung khusus (DGK) dari tertinggi ke rendah secara berurutan terdapat pada karakter berat jagung dengan klobot (49.6993), berat jagung tanpa klobot (36.1253), berat tongkol (7.0353), kadar Brix (3.0065), panjang tongkol (2.1695), diameter tongkol (0.7424), jumlah baris biji/tongkol (-0.3573) dan berat 100 biji (-5.3678). Rasio varians DGU:DGK tertinggi ke terendah terdapat pada karakter diameter tongkol (3.7285), berat tongkol (0.1153), kadar Brix berat (0.1086), panjang tongkol (0.0397), berat jagung tanpa klobot (0.0319), berat jagung dengan klobot (-0.0304), jumlah baris biji/tongkol (-0.06264) dan berat 100 biji (-0.0794). Nilai rasio  $\sigma^2DGU/\sigma^2DGK$

yang bernilai kurang dari satu menunjukkan pengaruh DGK lebih besar daripada pengaruh DGU. Aksi gen non aditif terdapat pada karakter jumlah baris biji per tongkol, panjang tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat jagung tanpa klobot, berat jagung dengan klobot dan kadar Brix. Derajat dominansi menunjukkan dominansi parsial terjadi pada karakter diameter tongkol. Dominansi berlebihan positif terjadi pada beberapa karakter berat jagung dengan klobot, berat jagung tanpa klobot, panjang tongkol, berat tongkol, berat 100 biji dan kadar Brix serta negatif pada karakter jumlah baris biji/tongkol.

**Kata kunci:** aksi gen; daya gabung khusus; daya gabung umum; diallel; jagung ungu

## PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu sereal paling penting untuk manusia dan hewan yang digunakan sebagai makanan, pakan ternak dan menghasilkan banyak produk seperti minyak, pati, gluten, alkohol, glukosa, dan etanol. Tanaman ini memiliki kandungan protein berkisar antara 8% dan 11% dari berat kernel (Mideksa *et al.*, 2022). Komoditas ini memiliki potensi hasil yang besar dan paling produktif dan memiliki. Kebutuhan jagung yang tinggi di Indonesia menjadikan hasil jagung adalah yang paling penting setelah padi. Bahkan di seluruh dunia, jagung memainkan peran penting dalam meningkatkan ekonomi suatu negara karena produksi jagung menciptakan harga standar untuk ekspor (Dahlia and Tahir, 2021). Salah satu jenis jagung pangan yang potensial adalah jagung ungu karena memiliki kandungan antosianin yang tinggi dan antioksidan yang kuat dibandingkan jagung varietas lainnya. Bijinya mengandung antosianin mulai dari 54,00 - 115,05 mg 100 g-1 (Salinas Moreno *et al.*, 2005; Mufidah *et al.*, 2021). Varietas ini dapat dihasilkan tidak hanya dengan persilangan jagung ungu dengan jagung ungu lainnya tetapi juga dengan persilangan dengan jagung non ungu karena karakter dominan dari varietas tersebut (Bozinovic *et al.*, 2015).

Pewarisan karakter adalah salah satu hal yang mendasar pada pemuliaan tanaman untuk mengetahui aksi gen, kemampuan menggabungkan serta nilai heritabilitas. Informasi tersebut bisa digunakan pada proses perakitan varietas baik pada tumbuhan menyerbuk sendiri atau menyerbuk silang. Persilangan menghasilkan keragaman genetik yang luas dan berbagai karakter agronomi yang diinginkan pada keturunannya dengan tingkat heritabilitas

yang tinggi akan menghasilkan seleksi akan efektif (Sihaloho and Purba, 2021). Pemulia tanaman dan ahli genetika menggunakan desain perkawinan diallel untuk mendapatkan informasi genetik dari kumpulan tetua yang dipilih secara acak atau tetap (Murray *et al.*, 2003). Untuk mengetahui daya gabung suatu galur, pemulia menggunakan beberapa metode yang disesuaikan dengan tujuan dan materi yang akan digunakan. Analisis diallel adalah salah satu pendekatan tepat untuk program persilangan dengan mempertimbangkan beberapa parameter genetik untuk mengetahui sifat gen dan daya gabung umum dan spesifik (Ramadan *et al.*, 2021).

Desain perkawinan diallel merupakan teknik untuk mendapatkan informasi genetik tentang sifat yang diinginkan dapat diperoleh dari serangkaian garis induk yang dipilih secara acak atau secara tetap dalam jangka waktu yang relatif singkat. Selain itu, analisis diallel telah digunakan untuk menemukan kultivar atau galur yang paling tepat untuk meningkatkan alel yang menguntungkan pada hibrida. Persilangan diallel telah digunakan untuk menentukan tindakan gen aditif dan non-aditif berkontribusi pada pengendalian sifat-sifat yang diinginkan (Estakhr and Heidari, 2012).

Daya gabung adalah ukuran kemampuan suatu genotipe tanaman dalam persilangan untuk menghasilkan tanaman unggul. Daya gabung yang diperoleh dari persilangan antara kedua tetua dapat menunjukkan kombinasi persilangan yang dapat memberikan keturunan yang lebih baik (Iriany *et al.*, 2011). Konsep analisis kemampuan menggabungkan memberikan perkiraan yang tepat tentang jenis dan jumlah tindakan gen yang terlibat dalam pewarisan karakter kuantitatif untuk membantu

mengidentifikasi orang tua dengan efek kemampuan menggabungkan umum yang baik dan persilangan dengan efek kemampuan menggabungkan spesifik yang baik. (Walter *et al.*, 2016). Efek daya gabung umum dan khusus sangat penting untuk menunjukkan tingkat kegunaan galur inbrida dalam kombinasi hibrida dan dalam klasifikasi bahan heterotik. Galur inbrida induk yang memiliki GCA yang baik dapat digunakan untuk mengembangkan galur inbrida baru dan juga dapat digunakan sebagai induk hibrida baru. Untuk memaksimalkan hasil pengembangan hibrida, informasi tentang pola kemampuan menggabungkan plasma nutfah jagung sangat penting. Kemampuan menggabungkan merupakan prasyarat untuk mengembangkan varietas jagung hibrida yang baik dan layak secara ekonomi (Amiruzzaman *et al.*, 2013). Tujuan dari penelitian ini, adalah memperoleh informasi aksi gen dan kemampuan menggabungkan pada persilangan jagung ungu. Karakter yang dipengaruhi aksi gen aditif menunjukkan bahwa karakter tersebut dapat diwariskan

kepada turunannya dan seleksi dapat dilakukan pada generasi awal.

## METODE

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur dengan ketinggian  $\pm$  739 mdpl. Kondisi topografi yang bergunung-gunung dan berbukit-bukit menjadikan Kota Batu memiliki suhu udara maksimum absolut 29.1 – 31.0 °C dan suhu udara minimum absolut 17.1 - 19.0 °C dengan curah hujan rata-rata 2001 - 2500 mm dan kelembaban udara rata-rata Harian 80-85 %. Penelitian dimulai Januari 2023 sampai dengan bulan Juni 2023.

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan yang digunakan adalah pupuk NPK 16:16:16, insektisida, bakterisida dan calon varietas jagung ketan hibrida asal CV. Blue Akari Batu yaitu 16 galur yang terdiri dari 4 garis induk disajikan pada **Tabel 1**. 12 persilangan antar galur beserta resiprok disajikan pada **Tabel 2**. Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain, refractometer, alat tulis, sprayer, kertas label, jangka sorong, penggaris.

**Tabel 1.** Daftar galur tanaman yang digunakan dalam penelitian

No	Kode	Galur
1.	A	12 M – 01
2.	B	12 M – 02
3.	C	12 M – 03
4.	D	12 M - 04

**Tabel 2.** Persilangan galur induk yang digunakan dalam penelitian

♀ \ ♂	A	B	C	D
A	A	A X B	A X C	A X D
B	B X A	B	B X C	B X D
C	C X A	C X B	C	C X D
D	D X A	D X B	D X C	D

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Setiap individu tanaman ditanam sesuai metode seleksi diallel penuh dan ditanam sebanyak tiga baris sebagai ulangan. Data yang dikumpulkan berdasarkan hasil penelitian meliputi jumlah baris biji/tongkol, panjang tongkol (cm), diameter tongkol (mm), berat tongkol (g),

berat 100 biji (g), berat tongkol kupasan (g), berat tongkol dengan klobot (g) dan kadar brix.

Analisis statistik menggunakan program TNAUSTAT – Statistical package untuk sifat-sifat yang memiliki perbedaan nyata diantara persilangan, kemampuan menggabungkan umum dan khusus, efek

kemampuan menggabungkan umum dan khusus, varians kemampuan menggabungkan umum dan khusus serta aksi gen aditif dan non aditif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Estimasi Daya Gabung Umum dan Khusus

Nilai rata-rata hasil pengamatan beberapa karakter hasil pada persilangan diallel penuh disajikan pada **Tabel 3**. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat dilakukan analisis varians. Analisis varians merupakan estimasi rata-rata kuadrat tengah genotipe, kemampuan menggabungkan pada daya gabung khusus dan daya gabung umum serta resiprok yang disajikan pada **Tabel 4**. Nilai daya gabung umum dan daya gabung khusus diduga dengan menggunakan metode diallel penuh.

Analisis estimasi daya gabung umum dan khusus menunjukkan bahwa genotipe dan resiprok signifikan berpengaruh terhadap beberapa karakter. Hal ini menunjukkan adanya variabilitas genetik dalam jumlah yang memadai. Analisis kemampuan menggabungkan menunjukkan bahwa kuadrat rata-rata akibat daya gabung umum dan khusus signifikan pada beberapa karakter seperti panjang tongkol, diameter tongkol namun tidak signifikan untuk daya gabung khusus, berat tongkol, berat 100 biji namun tidak signifikan untuk daya gabung umum khusus, berat tongkol kupasan namun tidak signifikan untuk daya gabung khusus, berat tongkol dengan klobot namun tidak signifikan untuk daya gabung khusus dan kadar brix. Genotipe yang signifikan menunjukkan bahwa ada perbedaan genetik di antara garis induk yang digunakan dalam penelitian, yang menyebabkan perbedaan yang lebih besar antara hibrida yang dihasilkan. Nilai DGU yang tinggi menunjukkan bahwa tetua yang bersangkutan jauh lebih unggul atau lebih rendah dibandingkan tetua lain dari persilangan diallel (Hussain, Dawod, dan Khether, 2021).

Pengaruh DGU yang sangat nyata terdapat pada panjang tongkol, diameter

tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan, berat tongkol dengan klobot dan kadar brix, namun berpengaruh tidak nyata pada jumlah baris biji per tongkol. Pengaruh DGK yang sangat nyata terdapat pada panjang tongkol, berat tongkol dan kadar brix, namun berpengaruh tidak nyata pada jumlah baris biji per tongkol, diameter tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan dan berat tongkol dengan kupasan. Galur-galur dengan nilai DGU positif diharapkan memiliki kemampuan bergabung yang baik untuk menciptakan genotipe yang berpotensi memberikan hasil yang lebih baik. Nilai daya gabung umum (DGU) yang besar dan positif menunjukkan bahwa tetua tersebut memiliki kemampuan bergabung yang baik, sedangkan nilai DGU yang negatif menunjukkan bahwa tetua tersebut memiliki kemampuan bergabung (rata-rata) yang lebih rendah dibandingkan dengan tetua lainnya, Daya gabung khusus (DGK) positif menunjukkan bahwa tetua tersebut memiliki kombinasi hibrida tinggi dengan salah satu tetua yang digunakan sedangkan jika DGK negatif berarti tetua tersebut tidak memiliki kombinasi hibrida tinggi dengan salah satu tetua yang digunakan (Iriany *et al.*, 2011).

Varians DGU dan DGK yang signifikan diamati untuk semua sifat menunjukkan bahwa hibrida dan inbrida berbeda satu sama lain untuk sifat yang diteliti disebabkan oleh efek gen aditif dan non-aditif dalam bahan pemuliaan (Murtadha *et al.*, 2018). Varians DGK yang lebih tinggi dalam kaitannya dengan DGU menyiratkan dominannya aksi gen non aditif sifat sedangkan semakin tinggi besaran DGU menunjukkan peran dominan aksi gen aditif dalam pewarisan sifat (Diviya *et al.*, 2022).

Varian genetik aditif mendominasi panjang tongkol dan baris biji per tongkol dalam studi persilangan diallel menunjukkan pentingnya efek gen nonaditif dalam pewarisan hasil gabah dan berat 1000 butir serta pentingnya efek aditif dan non-aditif yang sama untuk baris butir per tongkol dan jumlah butir per baris. Hal ini memungkinkan efek gen aditif dan dominan lebih

mendominasi dibandingkan efek non-aditif dalam pengendalian kernel per baris

### **Analisis Estimasi Varians Komponen Genetik**

Komponen varians adalah estimasi pengaruh gen aditif dan non aditif terhadap karakter pengamatan yang dapat digunakan dalam menentukan metode pilihan yang efisien untuk menggabungkan gen terkait pada bahan pemuliaan induk disajikan pada **Tabel 5**. Varians daya gabung umum (DGU) dari tertinggi ke rendah secara berurutan terdapat pada karakter berat tongkol dengan klobot (4.489), berat tongkol kupasan (3.994), berat 100 biji (1.631), diameter tongkol (1.431), kadar brix (0.340), berat tongkol (0.305), panjang tongkol (0.071) dan jumlah baris biji/tongkol (0.021). Varians daya gabung khusus (DGK) dari tertinggi ke rendah secara berurutan terdapat pada karakter berat tongkol kupasan (4.153), berat tongkol dengan klobot (2.804), kadar brix (0.882), berat tongkol (0.664), berat 100 biji (0.595), panjang tongkol (0.216), diameter tongkol dan jumlah baris biji/tongkol (0). Rasio varians DGU:DGK tertinggi terdapat pada karakter berat 100 biji (2.739) sedangkan rasio DGU:DGK terendah terdapat pada karakter jumlah baris biji/tongkol dan diameter tongkol (0). Pada karakter lain rasio DGU:DGK panjang tongkol (0.327), berat tongkol (0.460), berat tongkol kupasan (0.962), berat tongkol dengan klobot (1.601) dan kadar brix (0.386). Pengaruh komponen varians genetik aditif dapat diperbaiki dan non aditif tidak dapat diperbaiki ketika peran lebih besar dari aksi gen non aditif dalam mengatur pewarisan karakter. Varians kemampuan menggabungkan umum (DGU) umumnya dikategorikan sebagai ukuran seberapa kuat aksi gen tipe aditif. Sebaliknya, varians kemampuan menggabungkan spesifik (DGK) dikategorikan sebagai ukuran seberapa kuat aksi gen tipe non-aditif (Yadesa *et al.*, 2021).

Varians DGU:DGK mengungkapkan bahwa sifat-sifat yang berbeda menunjukkan efek genetik aditif atau non-aditif. Varians DGU:DGK dengan nilai lebih besar dari satu

menunjukkan pengaruh genetik aditif, sedangkan varians DGU:DGK dengan nilainya lebih kecil dari satu menunjukkan pengaruh genetik dominan. Dalam studi ini varians DGU:DGK dengan nilai lebih besar dari satu dan menunjukkan pengaruh genetik aditif yaitu karakter berat 100 biji dan berat tongkol dengan klobot. Varians DGU:DGK dengan nilai lebih kecil dari satu dan menunjukkan pengaruh non aditif pada karakter panjang tongkol, berat tongkol, berat tongkol kupasan dan kadar brix. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan sebelumnya (M. Kamara, 2015; Moradi, 2014). Jenis tindakan gen aditif menjadi lebih penting yang dapat diperbaiki dan hasilnya sesuai dengan kesepakatan umum dan mengingat kegunaannya dalam program pemuliaan di masa depan dengan temuan beberapa pekerja. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menguji persilangan ini dan pengujian lebih lanjut di lingkungan yang berbeda-beda. Varians DGU:DGK kurang dari satu, menunjukkan bahwa tindakan gen dominan lebih mengendalikan pewarisan sifat ini dari tindakan aditif. Kinerja kombinasi persilangan yang tinggi menunjukkan bahwa aksi gen non-aditif atau epistatik lebih nyata dan persilangan ini dapat digunakan secara langsung atau dieksploitasi untuk program pemuliaan hibrida di masa depan. Seleksi mungkin terbukti dapat diandalkan dalam program hibridisasi jagung untuk peningkatan hasil dan karakter lainnya dan hal ini dapat menghasilkan lompatan kuantum dalam perbaikan jagung (Zare *et al.*, 2011).

Bervariasinya tingkat dominansi untuk berbagai sifat atau karakter menunjukkan tingkat efek dominansi. Namun, sebagian besar sifat dikendalikan oleh efek geni oleh dominansi parsial dan berlebihan untuk aksi gen. Dalam genetika molekuler, dominansi adalah konsep penting. Hubungan antara efek kesesuaian genotipe heterozigot dan homozigot pada suatu lokus, yang disebut dominansi (Huber *et al.*, 2018). Mengetahui seberapa besar pengaruh gen dominan pada persilangan dapat membantu pemulia

memilih teknik seleksi dan menemukan efek gen dominan pada persilangan untuk dievaluasi (Pandini *et al.*, 2002)

Derajat dominansi menunjukkan peran efek dominan pada karakter pengamatan. Jumlah baris biji/tongkol (-1,1961) overdominan negatif, Panjang tongkol (1,2339) overdominan positif, diameter tongkol (-0,2949) dominan parsial negatif, berat tongkol (0,7741) dominan parsial positif, berat 100 biji (-0,7567) dominan parsial negatif, berat tongkol kupasan (0,5996) dominan parsial positif, berat tongkol dengan klobot (0,2562) dominan parsial positif, kadar brix (1,1389) overdominan positif.

Dominansi parsial terjadi pada beberapa karakter seperti diameter tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan dan berat tongkol dengan klobot. Dominansi tidak lengkap juga disebut sebagai dominansi parsial atau semi-dominan, terjadi ketika persilangan antara dua individu menghasilkan fenotipe yang berada di tengah-tengah antara fenotipe kedua orang tuanya (Frizzell, 2013). Dominansi berlebihan terjadi pada beberapa karakter seperti Jumlah baris biji/tongkol, panjang tongkol dan kadar brix. Overdominan atau biasa disebut dominansi berlebihan terhadap beberapa karakter menunjukkan derajat dominansi lebih dari satu yang menekankan peran utama dominansi berlebihan dalam pewarisan sifat ini (Subhan *et al.*, 2001)

Heritabilitas memiliki kisaran  $< 30\%$  = rendah,  $30-60\%$  = sedang dan  $> 60\%$  = tinggi. Estimasi heritabilitas arti sempit berkisar 2,4 hingga 22,6 persen untuk semua karakter yang berarti masuk dalam kategori rendah. Heritabilitas arti sempit jumlah baris biji/tongkol (2,4%), panjang tongkol (5,5%), diameter tongkol (17,8%), berat tongkol (11,3%), berat 100 biji (16,8%), berat 100 biji (16,8%), berat tongkol kupasan (8,7%), berat tongkol dengan klobot (8,4%), kadar brix (22,6%). Hal ini merupakan indikasi dari efek gen non aditif. Heritabilitas dalam arti luas memiliki kisaran  $< 30\%$  = rendah,  $30-60\%$  = sedang dan  $> 60\%$  = tinggi. Estimasi

heritabilitas arti luas berkisar 2,4 hingga 51,9 persen untuk semua karakter yang berarti masuk dalam kategori rendah hingga sedang. Heritabilitas arti luas jumlah baris biji/tongkol (2,4%), panjang tongkol (13,9%), diameter tongkol (17,8%), berat tongkol (23,7%), berat 100 biji (19,9%), berat 100 biji (13,2%), berat tongkol kupasan (13,2%), berat tongkol dengan klobot (11%), kadar brix (51,9%). Pemilihan suatu sifat seharusnya mudah dilakukan jika heritabilitas sifat tersebut sangat tinggi. Hal ini dikarenakan akan adanya keterkaitan yang erat antara genotipe dan fenotipe karena adanya hubungan yang relatif (Zare *et al.*, 2011).

#### **Analisis Efek Daya Gabung Umum (DGU) dan Khusus (DGK)**

Untuk pemuliaan tanaman pendekatan yang efektif adalah memilih tetua dengan efek kemampuan menggabungkan spesifik yang tinggi dan menyertakan setidaknya satu tetua dengan efek daya gabung umum yang tinggi atau rata-rata untuk sifat tertentu. Hibrida adalah keturunan dari satu atau dua tetua dengan nilai maksimum untuk hasil dan sifat terkait dan setidaknya satu dari tetua tersebut memiliki efek DGU dan DGK yang signifikan, yang menunjukkan efisiensi metode diallel untuk pemuliaan tanaman (Moradi, 2014)

Efek daya gabung induk disajikan pada **Tabel 6**.berbagai variabilitas efek DGU ditunjukkan pada semua karakter pengamatan. Nilai positif signifikan pada efek daya gabung umum penting sebagai data pemilihan tetua yang unggul. Pada karakter jumlah baris biji/tongkol genotipe D dianggap sebagai penggabung yang baik karena memiliki nilai DGU positif yang signifikan. Panjang tongkol pada jagung dapat dilihat DGU bernilai negatif. Genotipe B. Diameter tongkol menunjukkan nilai DGU positif signifikan pada genotipe C dan D. Karakter berat tongkol menunjukkan nilai DGU yang positif pada genotipe C dan negatif pada genotipe B. Berat 100 biji menunjukkan nilai DGU positif signifikan pada genotipe A dan D. Genotipe A, C, D

merupakan genotipe yang memiliki efek DGU signifikan dengan nilai positif. Berat tongkol dengan klobot menunjukkan nilai efek DGU yang signifikan positif pada genotipe A, C, D. Kadar brix pada jagung menunjukkan nilai DGU yang signifikan positif pada genotipe A dan D dan negatif signifikan pada genotipe B.

Persilangan antara galur DGU positif dan galur DGU negatif biasanya menghasilkan efek DGK yang tinggi. Hal ini biasa terjadi karena gen yang menguntungkan pada suatu galur dapat menutupi gen yang merugikan pada galur pasangannya (Iriany *et al.*, 2011). Varians kemampuan penggabungan umum ( $\sigma^2g$ ) menunjukkan aditif (aditif dan aditif  $\times$  epistasis aditif), sedangkan varians kemampuan penggabungan spesifik ( $\sigma^2s$ ) menunjukkan variasi genetik non-aditif (dominan dan aditif  $\times$  dominansi, dominansi  $\times$  dominansi). Jadi, signifikansi estimasi DGU dan DGK varians menunjukkan bahwa tindakan gen aditif dan non-aditif terlibat untuk semua karakter. Secara umum, efek DGU dari tetua tidak tercermin dalam efek DGK dari persilangan pada sebagian besar sifat yang diteliti. Induk penggabung umum yang baik tidak selalu menunjukkan efek DGK yang tinggi pada kombinasi hibridanya. Efek DGK positif menunjukkan bahwa galur berada dalam kelompok heterotik yang berlawanan, sedangkan efek DGK negatif menunjukkan bahwa galur berada dalam kelompok heterotik yang sama.

Estimasi DGU sangat penting bagi pemulia karena estimasi DGU yang rendah bernilai positif maupun negatif menunjukkan bahwa nilai DGU tetua yang diperoleh tidak berbeda jauh dari rata-rata umum induk populasi lain yang dinilai. Nilai DGU yang tinggi menunjukkan bahwa tetua yang bersangkutan jauh lebih unggul atau lebih rendah dibandingkan tetua lain dari persilangan dialel. Efek DGU pada sifat tertentu didokumentasikan. Orang tua yang memiliki nilai negatif yang besar akan memberikan kontribusi nilai yang rendah pada sifat-sifat tersebut, sedangkan orang tua yang memiliki nilai positif akan memberikan

kontribusi nilai yang tinggi. Untuk karakteristik tertentu, galur induk dengan DGU tertinggi akan menghasilkan generasi terbaik. Efek DGU signifikan positif pada beberapa karakter terbaik adalah garis tetua D yaitu pada karakter jumlah baris biji per tongkol, diameter tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan, berat tongkol dengan klobot dan kadar brix (Zare *et al.*, 2011). Dalam penelitian ini, orang tua diklasifikasikan menjadi penggabung tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan pengaruhnya. Induk dengan efek DGU yang diinginkan (berbeda secara signifikan dari nol) dianggap sebagai penggabung tinggi, sedangkan induk yang menunjukkan perkiraan tidak signifikan diklasifikasikan sebagai penggabung rata-rata. Penggabung yang rendah atau buruk mempunyai efek DGU yang signifikan namun negatif (tidak diinginkan). Menurut Roy (2001) aksi gen aditif mengontrol karakter yang memiliki DGU dengan pengaruh yang sangat nyata atau nyata, sedangkan aksi gen dominan mengontrol karakter yang memiliki DGK dengan pengaruh yang sangat nyata atau nyata. Penggabung umum yang baik dapat digunakan secara efektif dalam program pemuliaan di masa depan untuk pengembangan hibrida unggul dengan sifat-sifat yang diinginkan (Amiruzzaman *et al.*, 2013)

Nilai efek daya gabung khusus dari persilangan genotipe untuk 8 karakter induk disajikan pada **Tabel 7**. Karakter jumlah baris biji/tongkol, Berat 100 biji menunjukkan nilai yang tidak signifikan. Panjang tongkol pada persilangan B X C memiliki nilai maksimum yang positif signifikan dan nilai minimum negatif signifikan pada persilangan C x D. Diameter tongkol memiliki nilai efek DGK maksimum positif signifikan pada persilangan A X D. Berat tongkol memiliki nilai efek DGK maksimum positif signifikan pada persilangan A X D dan minimum negatif signifikan pada persilangan C X D. Berat tongkol kupasan memiliki nilai efek DGK maksimum positif signifikan pada persilangan A X D. Berat tongkol dengan

klobot memiliki nilai efek DGK maksimum positif signifikan pada persilangan A X D. Kadar brix memiliki nilai efek DGK maksimum positif signifikan pada persilangan B X C dan minimum negatif signifikan pada persilangan A X C. Nilai efek resiprok dari persilangan genotipe untuk 8 karakter induk disajikan pada **Tabel 7**. Karakter jumlah baris biji/tongkol, Berat 100 biji, berat tongkol kupasan dan berat tongkol dengan klobot menunjukkan nilai yang tidak signifikan. Karakter panjang tongkol memiliki nilai efek resiprok minimum negatif signifikan pada persilangan C X A. Diameter tongkol memiliki nilai signifikan efek resiprok maksimum pada persilangan C X B dan minimum pada persilangan C X A. Berat tongkol memiliki nilai signifikan efek resiprok minimum pada persilangan D X A. Kadar brix memiliki nilai signifikan efek resiprok maksimum pada persilangan B X A dan minimum pada persilangan C X B.

Nilai efek DGK negatif dan positif pada karakter merupakan kecenderungan karakter tersebut dengan nilai yang rendah untuk negatif dan tinggi untuk positif. Persilangan

A X D merupakan persilangan terbaik dengan nilai DGK positif yang signifikan pada karakter panjang tongkol, diameter tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan, berat tongkol dengan klobot dan kadar brix (Zare *et al.*, 2011). Jika DGK positif, garis-garis tersebut termasuk dalam kelompok heterotik yang berlawanan, sedangkan jika DGK negatif, garis-garis tersebut termasuk dalam kelompok heterotik yang sama. Untuk analisis dialel, seseorang harus memilih hibrida dengan kemampuan penggabungan spesifik tertinggi, di mana salah satu garis induknya memiliki kemampuan penggabungan umum tertinggi. Pada sebagian besar sifat yang diteliti, efek DGU dari tetua tidak tercermin dalam efek DGK dari persilangan. Hibrida dengan efek spesifik signifikan yang diinginkan untuk suatu sifat tertentu memiliki setidaknya salah satu orangtuanya yang memberikan efek umum signifikan yang diinginkan untuk sifat tersebut. Tidak selalu induk penggabungan umum yang baik memiliki efek DGK yang tinggi pada kombinasi hibridanya (Amiruzzaman *et al.*, 2013).



**Tabel 3.** Nilai rata-rata persilangan diallel penuh

No.	Genotipe	Jumlah baris biji/tongkol	Panjang tongkol (cm)	Diameter tongkol (mm)	Berat tongkol (g)	Berat 100 biji (g)	Berat tongkol kupasan (g)	Berat tongkol dengan klobot (g)	Kadar brix
1	A X A	11.67	11.62	35.57	10.39	24.08	63.23	102.82	7
2	A X B	11.00	7.53	31.63	5.82	22.95	55.48	100.58	7.33
3	A X C	12.00	8.37	31.18	4.94	20.65	51.77	97.19	8.5
4	A X D	12.00	9.90	38.40	8.63	25.66	68.24	110.33	6.67
5	B X A	12.67	8.95	33.90	6.40	26.00	57.76	101.23	6.67
6	B X B	13.67	8.62	37.58	6.30	21.81	55.89	101.37	7.83
7	B X C	14.00	10.97	41.10	9.65	19.89	64.37	108.40	6.17
8	B X D	13.67	8.40	37.05	5.90	19.89	54.56	97.82	6.67
9	C X A	12.33	10.58	39.47	10.07	24.59	60.82	100.49	7.5
10	C X B	12.33	10.97	34.13	10.27	21.66	58.24	104.21	7.83
11	C X C	13.33	11.53	39.03	14.80	21.09	73.55	117.59	6.5
12	C X D	12.67	8.03	36.97	8.10	19.72	55.22	100.19	7.33
13	D X A	13.33	11.28	43.27	12.28	25.12	70.30	114.06	8.83
14	D X B	12.67	9.17	40.03	8.63	25.34	57.83	100.53	8.5
15	D X C	14.33	9.05	40.20	6.87	22.66	58.95	97.42	8.5
16	D X D	13.67	10.58	43.17	10.20	21.96	65.77	108.55	8

**Tabel 4.** Nilai kuadrat tengah hasil analisis ragam persilangan diallel penuh

SK	Jumlah baris biji/tongkol	Panjang tongkol	Diameter tongkol	Berat tongkol	Berat 100 biji	Berat tongkol Kupasan	Berat tongkol dengan klobot	Kadar brix
DGU	0.87073 <sup>ns</sup>	2.56386 <sup>**</sup>	35.006 <sup>**</sup>	9.1692 <sup>**</sup>	41.208 <sup>**</sup>	118.903 <sup>**</sup>	132.512 <sup>**</sup>	9.1478 <sup>**</sup>
DGK	0.41262 <sup>ns</sup>	1.00987 <sup>**</sup>	3.531 <sup>ns</sup>	2.465 <sup>**</sup>	5.343 <sup>ns</sup>	31.096 <sup>ns</sup>	33.807 <sup>ns</sup>	1.6737 <sup>**</sup>
Resiprok	0.43561 <sup>ns</sup>	1.14325 <sup>**</sup>	7.904 <sup>**</sup>	1.9971 <sup>**</sup>	9.772 <sup>**</sup>	41.417 <sup>**</sup>	45.367 <sup>*</sup>	2.6245 <sup>**</sup>
Galat	0.59355	0.6141	3.712	1.2549	4.251	23.477	28.809	0.0550

Keterangan : \* dan \*\* = berpengaruh nyata pada taraf 5% dan 1%, ns = berpengaruh tidak nyata

**Tabel 5.** Estimasi varians parameter genetik persilangan diallel penuh

Karakter	$\sigma_{gca}^2$	$\sigma_{sca}^2$	$\sigma_{gca}^2 : \sigma_{sca}^2$	$\bar{a}$	$h_n^2$	$h_b^2$
Jumlah baris biji/tongkol	0.021	0.000	0	-1.1961	0.024	0.024
Panjang tongkol	0.071	0.216	0.327	1.2339	0.055	0.139
Diameter tongkol	1.431	0.000	0	-0.2948	0.178	0.178
Berat tongkol	0.305	0.664	0.460	0.7741	0.113	0.237
Berat 100 biji	1.631	0.595	2.739	-0.7567	0.168	0.199
Berat tongkol Kupasan	3.994	4.153	0.962	0.5996	0.087	0.132
Berat tongkol dengan klobot	4.489	2.804	1.601	0.2562	0.084	0.110
Kadar brix	0.340	0.882	0.386	1.1389	0.226	0.519

Keterangan :

$\sigma_{gca}^2$  : Varians daya gabung umum

$\sigma_{sca}^2$  : Varians daya gabung khusus

$\sigma_{gca}^2 : \sigma_{sca}^2$  : Varians rasio daya gabung umum dan khusus

$\bar{a}$  : Derajat dominansi

$h_n^2$  : Heritabilitas dalam arti sempit

$h_b^2$  : Heritabilitas dalam arti luas

**Tabel 6.** Efek Daya gabung umum persilangan diallel penuh

Genotipe	Jumlah baris biji/tongkol	Panjang tongkol	Diameter tongkol	Berat tongkol	Berat 100 biji	Berat tongkol Kupasan	Berat tongkol dengan klobot	Kadar brix
A	-0.1157 <sup>ns</sup>	-0.1087 <sup>ns</sup>	-0.3129 <sup>ns</sup>	0.0757 <sup>ns</sup>	2.2475 <sup>**</sup>	3.1080 <sup>**</sup>	3.1193 <sup>**</sup>	1.5806 <sup>**</sup>
B	0.0964 <sup>ns</sup>	-0.5003 <sup>**</sup>	-0.3113 <sup>ns</sup>	-0.5740 <sup>*</sup>	0.5899 <sup>ns</sup>	-0.6484 <sup>ns</sup>	-0.4414 <sup>ns</sup>	-0.2452 <sup>**</sup>
C	0.2176 <sup>ns</sup>	0.0278 <sup>ns</sup>	0.8296 <sup>*</sup>	1.3283 <sup>**</sup>	-0.0666 <sup>ns</sup>	2.3465 <sup>*</sup>	2.6180 <sup>*</sup>	-0.0255 <sup>ns</sup>
D	0.3843 <sup>*</sup>	-0.1821 <sup>ns</sup>	2.8732 <sup>**</sup>	0.3810 <sup>ns</sup>	1.1628 <sup>**</sup>	2.5027 <sup>*</sup>	2.7140 <sup>*</sup>	0.3912 <sup>**</sup>

Keterangan : \* dan \*\* = berpengaruh nyata pada taraf 5% dan 1%, ns = berpengaruh tidak nyata

**Tabel 7.** Efek daya gabung khusus persilangan diallel penuh

Genotipe	Jumlah baris biji/tongkol	Panjang tongkol	Diameter tongkol	Berat tongkol	Berat 100 biji	Berat tongkol Kupasan	Berat tongkol dengan klobot	Kadar brix
A X B	-0.5813 <sup>ns</sup>	-1.0072 <sup>*</sup>	-2.0477 <sup>ns</sup>	-1.1319 <sup>ns</sup>	1.3036 <sup>ns</sup>	-2.3336 <sup>ns</sup>	-1.1634 <sup>ns</sup>	-1.5200 <sup>**</sup>
A X C	-0.3691 <sup>ns</sup>	-0.3019 <sup>ns</sup>	-0.6303 <sup>ns</sup>	-1.6375 <sup>*</sup>	0.1051 <sup>ns</sup>	-5.6551 <sup>ns</sup>	-6.2928 <sup>ns</sup>	-2.2397 <sup>**</sup>
A X D	-0.0358 <sup>ns</sup>	1.0246 <sup>*</sup>	2.8345 <sup>*</sup>	2.2581 <sup>**</sup>	1.6457 <sup>ns</sup>	7.1654 <sup>*</sup>	6.9678 <sup>*</sup>	0.9270 <sup>**</sup>
B X C	0.4187 <sup>ns</sup>	1.5813 <sup>**</sup>	1.6598 <sup>ns</sup>	1.4655 <sup>*</sup>	-0.0823 <sup>ns</sup>	3.1113 <sup>ns</sup>	4.7313 <sup>ns</sup>	1.2528 <sup>**</sup>
B X D	0.2521 <sup>ns</sup>	-0.3921 <sup>ns</sup>	0.5412 <sup>ns</sup>	-0.2822 <sup>ns</sup>	0.5300 <sup>ns</sup>	-2.1583 <sup>ns</sup>	-2.4898 <sup>ns</sup>	0.8361 <sup>**</sup>
C X D	0.4642 <sup>ns</sup>	-1.1618 <sup>*</sup>	-0.5580 <sup>ns</sup>	-1.9662 <sup>**</sup>	-0.2385 <sup>ns</sup>	-4.2648 <sup>ns</sup>	-5.9242 <sup>ns</sup>	-0.0503 <sup>ns</sup>

Keterangan : \* dan \*\* = berpengaruh nyata pada taraf 5% dan 1%, ns = berpengaruh tidak nyata

**Tabel 8.** Efek resiprok persilangan diallel penuh

Genotipe	Jumlah baris biji/tongkol	Panjang tongkol	Diameter tongkol	Berat tongkol	Berat 100 biji	Berat tongkol Kupasan	Berat tongkol dengan klobot	Kadar brix
B X A	-0.8333 <sup>ns</sup>	-0.7083 <sup>ns</sup>	-1.1333 <sup>ns</sup>	-0.2933 <sup>ns</sup>	-1.5250 <sup>ns</sup>	-1.1400 <sup>ns</sup>	-0.3233 <sup>ns</sup>	2.3333 <sup>**</sup>
C X A	-0.1667 <sup>ns</sup>	-1.1083 <sup>*</sup>	-4.1417 <sup>**</sup>	-1.6375 <sup>*</sup>	-1.9667 <sup>ns</sup>	-4.5233 <sup>ns</sup>	-1.6500 <sup>ns</sup>	-0.3333 <sup>ns</sup>
D X A	-0.6667 <sup>ns</sup>	-0.6917 <sup>ns</sup>	-2.4333 <sup>ns</sup>	-1.8217 <sup>*</sup>	0.2700 <sup>ns</sup>	-1.0300 <sup>ns</sup>	-1.8600 <sup>ns</sup>	1.2500 <sup>**</sup>
C X B	0.8333 <sup>ns</sup>	0.0000 <sup>ns</sup>	3.4833 <sup>*</sup>	-0.3100 <sup>ns</sup>	-0.8883 <sup>ns</sup>	3.0633 <sup>ns</sup>	2.0933 <sup>ns</sup>	-1.5000 <sup>**</sup>
D X B	0.5000 <sup>ns</sup>	-0.3833 <sup>ns</sup>	-1.4917 <sup>ns</sup>	-1.3617 <sup>ns</sup>	-2.7267 <sup>ns</sup>	-1.6333 <sup>ns</sup>	-1.3550 <sup>ns</sup>	0.1667 <sup>ns</sup>
D X C	-0.8333 <sup>ns</sup>	-0.5083 <sup>ns</sup>	-1.6167 <sup>ns</sup>	0.6167 <sup>ns</sup>	-1.4683 <sup>ns</sup>	-1.8650 <sup>ns</sup>	1.3867 <sup>ns</sup>	1.1667 <sup>**</sup>

Keterangan : \* dan \*\* = berpengaruh nyata pada taraf 5% dan 1%, ns = berpengaruh tidak nyata

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan aksi gen aditif terdapat pada karakter berat 100 biji dan berat tongkol dengan klobot dan non aditif panjang tongkol, berat tongkol, berat tongkol kupasan dan kadar brix. Derajat dominansi menunjukkan peran efek dominan pada karakter pengamatan. Jumlah baris biji/tongkol overdominan negatif, Panjang tongkol overdominan positif, diameter tongkol dominan parsial negatif, berat tongkol dominan parsial positif, berat 100 biji dominan parsial negatif, berat tongkol kupasan dominan parsial positif, berat tongkol dengan klobot dominan parsial positif, kadar brix overdominan positif. Daya gabung umum berpengaruh signifikan pada karakter panjang tongkol, diameter tongkol, berat tongkol, berat 100 biji, berat tongkol kupasan, berat tongkol dengan klobot dan kadar brix. Sedangkan daya gabung khusus berpengaruh signifikan pada karakter panjang tongkol, berat tongkol dan kadar brix. Dengan adanya karakter yang mempunyai daya gabung umum dan khusus yang tinggi serta aksi gen aditif dan non aditif maka data tersebut dapat digunakan untuk perbaikan genetik dan bahan evaluasi untuk pembentukan varietas jagung ketan ungu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amiruzzaman, M., M. Islam, L. Hasan, and M. Rohman. 2013. Heterosis and combining ability in a diallel among elite inbred lines of maize (*Zea mays* L.). *Emirates J. Food Agric.* 25(2): 132. doi: 10.9755/ejfa.v25i2.6084.
- Bozinovic, S., S. Prodanovic, J. Vancetovic, A. Nikolic, D. Ristic, et al. 2015. Individual and combined (Plus-hybrid) effect of cytoplasmic male sterility and xenia on maize grain yield. *Chil. J. Agric. Res.* 75(2): 160–167. doi: 10.4067/S0718-58392015000200004.
- Dahlia, A.B., and R. Tahir. 2021. Strategi Pemasaran Jagung Hibrida Sebagai Program Unggulan Daerah di Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. *Agro Bali Agric. J.* 4(1): 106–115. doi: 10.37637/ab.v0i0.658.
- Diviya, T., U. Arambam, Sentisuba, S. Saha, and M.M.S. Ariina. 2022. Study of gene action in different traits of maize (*Zea mays* L.). *Electron. J. PLANT Breed.* 13(3): 845–855. doi: 10.37992/2022.1303.107.
- Estakhr, A., and B. Heidari. 2012. Combining ability and gene action for maturity and agronomic traits in different heterotic groups of maize inbred lines and their diallel crosses. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 15(3): 219–229. doi: 10.1007/s12892-012-0030-1.
- Frizzell, M.A. 2013. Incomplete Dominance. *Brenner's Encyclopedia of Genetics.* Elsevier. p. 58–60
- Huber, C.D., A. Durvasula, A.M. Hancock, and K.E. Lohmueller. 2018. Gene expression drives the evolution of dominance. *Nat. Commun.* 9(1): 2750. doi: 10.1038/s41467-018-05281-7.
- Hussain, M. A., Dawod, K. M., & Khether, A.A. 2021. Gene Action, Heterosis and Combining Ability in Maize Hybrids A-Using Half Diallel Analysis. *Kufa J. Agric. Sci.* 13(2): 18–29. doi: 10.36077/kjas/2021/130203.
- Iriany, R.N., S. Sujiprihati, M. Syukur, J. Koswara, and M. Yunus. 2011. Evaluation of Combining Ability and Heterosis of Five Sweet Corn Lines (*Zea mays* var. saccharata) through Diallel Crossing. *J. Agron. Indones.* 39(2): 103–111. Retrieved from <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalagr onomi/article/view/15417/11352>
- M. Kamara, M. 2015. Diallel Analysis of Some Yellow Maize Inbred Lines under Low and Normal Nitrogen Levels. *Int. J. Plant Breed. Genet.* 9(2): 32–43. doi: 10.3923/ijpbg.2015.32.43.
- Mideksa, L.Y., S. Alamerew, and B. Tadesse. 2022. Hybrid Performance and Heterosis for Yield and Agronomic Traits of Quality Protein Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Adapted to Mid-altitude Agroecology of Ethiopia. *Agro Bali Agric. J.* 5(2): 219–239. doi: 10.37637/ab.v5i2.791.
- Moradi, M. 2014. Genetic analysis for grain yield and yield contributing characters in maize (*Zea mays* L.). *Int. J. Biosci.* 5(8): 173–179. doi: 10.12692/ijb/5.8.173-179.
- Mufidah, N., A.N. Sugiharto, and B. Waluyo. 2021. Assessment of combining ability in

- purple corn parents under line  $\times$  tester mating design using GGE biplot. *Biodiversitas J. Biol. Divers.* 22(10): 4545–4554. doi: 10.13057/biodiv/d221048.
- Murray, L.W., I.M. Ray, H. Dong, and A. Segovia-Lerma. 2003. Clarification and Reevaluation of Population-Based Diallel Analyses. *Crop Sci.* 43(6): 1930–1937. doi: 10.2135/cropsci2003.1930.
- Murtadha, M.A., O.J. Ariyo, and S.S. Alghamdi. 2018. Analysis of combining ability over environments in diallel crosses of maize (*Zea mays*). *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 17(1): 69–78. doi: 10.1016/j.jssas.2016.01.004.
- Pandini, F., N.A. Vello, and Â.C. de A. Lopes. 2002. Heterosis in soybeans for seed yield components and associated traits. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 45(4): 401–412. doi: 10.1590/S1516-89132002000600001.
- Ramadan, A.S.A., F.H. Mukhlif, and B.F. Najm. 2021. Genetic Analysis of Combining Ability and Gene Action of Yield and Its Components in Maize (*Zea Mays* L.) Using Full Diallel Cross. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 1241–1256. Retrieved from <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/4476>
- Salinas Moreno, Y., G.S. Sanchez, D.R. Hernandez, and N.R. Lobato. 2005. Characterization of Anthocyanin Extracts from Maize Kernels. *J. Chromatogr. Sci.* 43(9): 483–487. doi: 10.1093/chromsci/43.9.483.
- Sihaloho, A.N., and J. Purba. 2021. Evaluasi Karakter Vegetatif F3 Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) Hasil Seleksi Pedigree pada Tanah Masam Dataran Tinggi. *Agro Bali Agric. J.* 4(1): 87–93. doi: 10.37637/ab.v0i0.686.
- Subhan, M., H.U. Khan, and R.-D. Ahmad. 2001. Population Analysis of Some Agronomic and Technological Characteristics of Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Using Diallel Analysis. *J. Biol. Sci.* 1(3): 120–123. doi: 10.3923/jbs.2001.120.123.
- Walter, O.A., R. Patrick, G. Paul, and O. Patrick. 2016. Combining ability and gene action in sesame (*Sesamum indicum* L) elite genotypes by diallel mating design. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 8(11): 250–256. doi: 10.5897/JPBCS2016.0586.
- Yadesa, L.M., S. Alamerew, and B. Tadesse. 2021. Combining Ability Study for Grain Yield and Agronomic Traits of Quality Protein Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines Adapted to Mid-Altitude Agroecology of Ethiopia. *Agro Bali Agric. J.* 4(3): 286–304. doi: 10.37637/ab.v4i3.733.
- Zare, M., R. Choukan, E.M. Heravan, M.R. Bihamta, and K. Ordoorkhani. 2011. Gene action of some agronomic traits in corn (*Zea mays* L.) using diallel cross analysis. *African J. Agric. Res.* 6(3): 693–703. doi: 10.5897/AJAR10.646.