

Parameter Genetik dan Daya Gabung Hasil dan Komponen Hasil Jagung pada Tiga Taraf Pemupukan N

Genetic Parameter and Combining Ability of Maize Yield and Yield Component on Three Levels Nitrogen Fertilization

Slamet Bambang Priyanto, Roy Efendi dan Muhammad Azrai

Balai Penelitian Tanaman Serealia

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

E-mail: s.bambangpriyanto@gmail.com

Naskah diterima 20 September 2020, direvisi 22 November 2020, disetujui diterbitkan 27 April 2021

ABSTRACT

Low maize yields due to low nitrogen generally occur on marginal land. Maize development in Indonesia is directed at marginal land due to limited fertile land, especially in other lands in Indonesia besides Java. Therefore, the assembly of low N tolerant maize varieties plays an important role in increasing production on marginal land. The improvement of low N tolerant hybrid maize was required. Information on the combining ability of inbred lines was important in the hybrid maize breeding program. This research aims were to determine genetic parameters, general combining ability, specific combining ability of maize lines and at three levels of N fertilization. This research was conducted at the Bajeng Experimental farm South Sulawesi from August to November 2019. The research was arranged in a split-plot design with two replications. The main plots were three nitrogen levels i.e. 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, 200 kg N/ha and the subplots were 36 hybrids formed from a half diallel cross and its parents. The results showed that compared to yield at 200 kg N/ha, yield at 100 kg N/ha and 0 kg N/ha reduced 18,80% and 38,69% respectively. ear number, ear weight, shelling percentage and number of seeds per row were controlled by non-additive genes, while moisture content, 100 seeds weight, ear length and number of rows per ear were controlled by additives gene. Lines AVLN 118-7 and AVLN 83-2 have good GCA for yield grain overall levels of fertilization. Crosses AVLN 83-2/AVLN 124-4, AVLN 83-2/AVLN 32-8, and AVLN 122-2/AVLN 124-9 have the good combining ability under both low and high N conditions. They could be used to develop low N tolerant varieties.

Keywords: Maize, hybrid, genotype, fertilization, nitrogen.

ABSTRAK

Hasil jagung rendah pada lahan kekurangan hara nitrogen yang umumnya terjadi pada lahan marjinal. Pengembangan jagung di Indonesia sebagian diarahkan pada lahan marjinal karena terbatasnya lahan subur, terutama di luar Jawa. Oleh karena itu perakitan varietas jagung toleran N rendah memegang peranan penting untuk meningkatkan produksi pada lahan marjinal. Informasi

tentang daya gabung galur diperlukan dalam perakitan jagung hibrida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter genetik, daya gabung umum (DGU), daya gabung khusus (DGK) galur jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan N. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Bajeng Sulawesi Selatan dari Agustus hingga November 2019 dengan rancangan petak terpisah dua ulangan. Petak utama adalah tiga taraf pupuk N yaitu 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, 200 kg N/ha. Anak petak adalah 36 hibrida hasil persilangan setengah diallel beserta sembilan tetua. Dibandingkan dengan pemupukan 200 kg N/ha, hasil jagung hibrida pada pemupukan 100 kg N/ha dan 0 kg N/ha menurun masing-masing 18,80% dan 38,69%. Variabel jumlah tongkol panen, bobot tongkol panen, hasil biji, dan jumlah biji per baris dikendalikan oleh gen nonaditif. Kadar air panen, bobot 100 biji, panjang tongkol, dan jumlah baris per tongkol dikendalikan oleh gen aditif. AVLN 118-7 dan AVLN 83-2 merupakan galur jagung hibrida yang mempunyai DGU baik untuk variabel hasil biji pada tiga taraf pemupukan. Persilangan galur AVLN 83-2/AVLN 124-4, AVLN 83-2/AVLN 32-8, dan AVLN 122-2/AVLN 124-9 memiliki nilai DGK yang baik pada pemupukan N rendah dan optimal. Persilangan tersebut berpotensi menghasilkan pasangan hibrida dalam perakitan jagung toleran pemupukan N rendah.

Kata kunci: Jagung, hibrida, genotipe, pemupukan, nitrogen.

PENDAHULUAN

Pengembangan jagung melalui perluasan areal menghadapi banyak tantangan, diantaranya kondisi lahan yang marginal (Lynch 2007; Azrai 2013; Sonbai *et al.* 2013). Salah satu ciri kemarginalan lahan ialah mengandung hara N rendah akibat budi daya yang intensif dan tidak diikuti oleh pengembalian biomassa tanaman ke dalam tanah.

Jagung hibrida modern membutuhkan pupuk N dalam jumlah banyak untuk mengekspresikan potensi hasilnya secara maksimal (Kamara 2015). Dalam kondisi N rendah, jagung hibrida berdaya hasil rendah (Efendi

et al. 2012). Penurunan hasil jagung akibat N rendah berkisar antara 10-50% (Ajala *et al.* 2019), bahkan mencapai 67,13% (Herawati *et al.* 2018). Perakitan varietas jagung hibrida baru dengan daya hasil dan efisiensi penggunaan N tinggi merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut (Syafuruddin *et al.* 2013).

Perakitan varietas jagung toleran N rendah menjadi salah satu perhatian para pemulia tanaman di dunia. Chen *et al.* (2013) dan Abubakar *et al.* (2019) melaporkan interaksi antara genotipe dan taraf pupuk N pada karakter hasil jagung. Badu-Apraku *et al.* (2012), Oggunniyan dan Olakojo (2014), serta Emede dan Alike (2015) merekomendasikan penggunaan karakter sekunder untuk seleksi tidak langsung jagung toleran N rendah. Perbedaan aksi gen pengendali suatu karakter pada kondisi N optimal dan N rendah diungkapkan oleh Annor *et al.* (2019) dan Heinz *et al.* (2019). Noëlle *et al.* (2017) memperoleh empat galur dengan nilai daya gabung baik pada kondisi N rendah dan satu pasangan persilangan yang berpenampilan bagus pada kondisi N tinggi dan rendah melalui line x tester. Kamara (2015) dengan metode dialel, selain mendapatkan dua galur dengan DGU baik untuk variabel hasil pada kondisi N optimal dan rendah juga menghasilkan enam pasangan persilangan yang memiliki daya gabung khusus baik pada kedua taraf pemupukan.

Pengetahuan tentang nilai daya gabung galur dan parameter genetik sangat penting dalam perakitan jagung (Mageto *et al.* 2017; Priyanto *et al.* 2019). Daya gabung memberikan panduan bagi pemulia dalam memilih tetua dan persilangan yang diinginkan serta pengetahuan tentang aksi gen dan pola pewarisan suatu sifat (Kumawat *et al.* 2019). Analisis dialel merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menduga nilai daya gabung suatu galur (Griffing 1956). Selain andal dalam menduga nilai daya gabung, analisis dialel juga mampu mengestimasi pengaruh gen aditif dan nonaditif dalam penampilan suatu karakter (Estakhr and Heidari 2012; Fasahat *et al.* 2016). Pada karakter yang dipengaruhi oleh gen aditif, penampilannya merupakan akumulasi dari efek beberapa gen.

Pada gen aditif, efek gen yang mengendalikan sifat tanaman adalah saling memperkuat. Penampilan karakter yang dipengaruhi oleh gen nonaditif merupakan penampilan dari salah satu alelnya karena satu alel diekspresikan lebih kuat dibandingkan dengan alel lainnya yang mengarah pada efek dominansi. Menurut Sharma *et al.* (2013), besaran nilai DGU dipengaruhi oleh efek aditif sedangkan DGK dipengaruhi oleh efek nonaditif. Pengaruh lingkungan dapat mengakibatkan perbedaan daya gabung suatu galur (Pabendon *et al.* 2010). Kamara *et al.* (2014) melaporkan aksi gen

nonaditif lebih dipengaruhi oleh taraf N dibanding gen aditif. Menurut Noëlle *et al.* (2017), hasil biji dan sifat yang berkorelasi dengan hasil biji lebih dipengaruhi oleh gen nonaditif pada kondisi N rendah, sedangkan pada kondisi N optimum lebih dipengaruhi oleh gen aditif. Efendi *et al.* (2017) menemukan perbedaan DGU dan DGK untuk variabel hasil biji pada kondisi N normal dan rendah.

Galur toleran N rendah merupakan bahan utama yang digunakan dalam perakitan jagung hibrida toleran N rendah. Selain mengintroduksi galur toleran N rendah dari CIMMYT, Balai Penelitian Tanaman Serealia juga merintis pembentukan galur jagung toleran N rendah. Pembentukan galur jagung toleran N rendah dilakukan melalui silang diri varietas-varietas jagung hibrida yang ada di Indonesia. Penggaluran dilakukan pada kondisi N rendah. Saat ini pembentukan galur toleran N rendah sudah sampai pada tahap S7 namun belum diketahui daya gabungnya pada kondisi N berbeda. Oleh karena itu diperlukan penelitian daya gabung galur jagung pada beberapa kondisi pemupukan N.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter genetik, daya gabung umum, dan daya gabung khusus galur jagung pada kondisi N berbeda. Informasi yang diperoleh nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam perakitan jagung hibrida produksi tinggi pada kondisi N rendah, salah satu solusi dalam pengembangan jagung pada lahan marginal di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Bajeng, Balai Penelitian Tanaman Serealia, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan, pada bulan Agustus-Desember 2019. Penelitian disusun dalam rancangan petak terpisah (*split plot design*) dengan dua ulangan. Taraf pupuk N adalah sebagai petak utama dan genotipe jagung sebagai anak petak.

Taraf pupuk N yang digunakan meliputi N0 (0 kg N/ha), N1 (100 kg N/ha), dan N2 (200 kg N/ha). Genotipe jagung terdiri atas sembilan galur toleran N rendah (Tabel 1) dan 36 hibrida hasil persilangan berdasarkan metode Griffing 2. Pemupukan pada perlakuan N1 (100 kg N/ha) diaplikasikan satu kali, yaitu pada 10 hari setelah tanam (HST), sedangkan pada perlakuan N2 (200 kg N/ha) diaplikasikan dua kali, yaitu 50% pada umur 10 HST dan sisanya pada umur 35 HST. Takaran pupuk P (P_2O_5) dan K (K_2O) masing-masing adalah 60 kg/ha, diberikan pada 10 HST.

Variabel yang diamati adalah hasil dan komponen hasil jagung yang terdiri atas jumlah tongkol panen

Tabel 1. Galur jagung toleran N rendah yang digunakan sebagai tetua jagung hibrida uji. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

No.	Galur	Pedigree
G1	AVLN 83-2	PAC999-6-2-4-1-1-2-1-2
G2	AVLN 118-7	PAC224-4-2-3-1-3-2-1-1
G3	AVLN 78-1	PAC999-4-1-2-1-1-1-1-1
G4	AVLN 32-8	PAC999-12-3-1-1-3-5-1-1
G5	AVLN 122-2	PAC224-6-2-4-1-1-2-1-1
G6	AVLN 124-4	PAC224-7-1-1-1-1-4-1-1
G7	AVLN 124-9	PAC224-7-1-1-1-4-1-1-B
G8	AVLN 114-4	PAC224-3-1-5-1-2-2-1-1
G9	AVLN 100-1	PAC999-13-2-6-1-3-1-1-1

(JTKP), bobot tongkol panen (BTKP), rendemen biji (R), kadar air panen (KA), hasil biji pada kadar air 15% (Y), bobot 100 biji (B100), panjang tongkol (PTkl), diameter tongkol (DTkl), jumlah baris per tongkol (JBT), dan jumlah biji per baris (JBB).

Hasil analisis sebelum penelitian menunjukkan tekstur tanah tergolong lempung berpasir (*sandy loam*) dengan pH 6,25. Kandungan N tanah 0,13% (sangat rendah), kandungan C-organik 0,72%. Kandungan N yang rendah pada lahan penelitian memenuhi syarat untuk kegiatan seleksi jagung hibrida pada kondisi N rendah.

Nilai duga parameter genetik untuk setiap taraf pemupukan N diturunkan dari analisis ragam griffing model II menurut Griffing (1956) (Tabel 2).

Tabel 2. Analisis ragam dan taksiran kuadrat tengah per taraf pemupukan N pada jagung hibrida. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah (KT)	Taksiran kuadrat tengah (TKT)
DGU	p-1	KT_{DGU}	$\sigma^2\epsilon + \sigma^2_{DGK} + (p+2)\sigma^2_{DGU}$
DGK	$\frac{p(p-1)}{2}$	KT_{DGK}	$\sigma^2\epsilon + \sigma^2_{DGK}$
Galat	(v-1) (b-1)	KT_{ϵ}	$\sigma^2\epsilon$

Berdasar Tabel 2, maka

$$\sigma^2_{DGK} = KT_{DGK} - KT_{\epsilon}$$

$$\sigma^2_{DGK} = \frac{KT_{DGU} - KT_{DGK}}{(p+2)}$$

Varians aditif (s^2_A) = $2s^2_{DGU}$

Varians dominan (s^2_D) = s^2_{DGK}

Nilai heritabilitas arti luas dihitung berdasarkan rumus

$$h^2_B = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_D}{\sigma^2_P}, \text{ nilai heritabilitas arti sempit dihitung}$$

berdasarkan rumus $h^2_{ns} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P}$ dimana $s^2_P = s^2_A + s^2_D + s^2_e$

Rasio Genetik (RG) dihitung menurut Baker (1978) dengan rumus:

$$RG = \frac{2KT_{DGU}}{KT_{DGU} + KT_{DGK}}$$

Jika nilai RG > 1 maka suatu variabel lebih dipengaruhi oleh gen aditif, jika RG < 1 variabel lebih dipengaruhi oleh gen nonaditif. Jika terdapat perbedaan pengaruh DGU dan DGK (Tabel 2), dilakukan analisis pendugaan DGU dan DGK pada tiap taraf pemupukan menggunakan metode Griffing 2 berdasarkan persamaan:

$$X_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Penghitungan DGU dan DGK menggunakan rumus:

a. Efek daya gabung umum (g_i):

$$g_i = \{X_{i.} + X_{.i} - (2/p) X_{..}\} / (p+2)/l$$

b. Efek daya gabung khusus (s_{ij}):

$$s_{ij} = (X_{ij.} - \{X_{i.} + X_{.i} + X_{.j} + X_{j.}\} / (p+2)/l) + 2 X_{..} / (p+1)(p+2)$$

Perbedaan masing-masing pengaruh daya gabung ditentukan dengan nilai CD (*Critical Difference*) menggunakan rumus menurut Singh dan Chaudhary (1979):

$$CD = SE \times t_{\text{tabel}(\alpha = 5\%)}$$

$$SE = \sqrt{\text{Varians}}$$

Dimana g_i = daya gabung umum tetua ke-i, s_{ij} = daya gabung khusus tetua ke-i dengan tetua ke-j, p = jumlah tetua, $X_{i.}$ = nilai pengamatan pada persilangan tetua ke-i dan semua tetua ke-j, $X_{.i}$ = nilai pengamatan pada tetua i, $X_{.j}$ = nilai pengamatan pada persilangan tetua ke-j dan semua tetua ke-i, $X_{ij.}$ = nilai pengamatan pada tetua j, X_{ij} = nilai pengamatan pada persilangan tetua ke-i dan tetua ke-j dan $X_{..}$ = grand total nilai pengamatan pada semua persilangan. Analisis nilai daya gabung menggunakan perangkat lunak AGD-R (*Analysis of Genetic Designs in R*) version 3,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam pengaruh taraf pemupukan N, genotipe, dan interaksi antara taraf pemupukan N dan genotipe disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam memperlihatkan taraf pupuk N berpengaruh terhadap variabel yang diamati kecuali pada kadar air, bobot 100 biji, dan jumlah baris per tongkol. Genotipe memberikan pengaruh nyata terhadap hasil dan komponen hasil. Secara umum genotipe uji memberikan respon yang sama terhadap perubahan aplikasi taraf pupuk. Hal ini dapat dilihat dari interaksi antara genotipe dan taraf pemupukan N tidak nyata, kecuali terhadap jumlah baris per tongkol.

Pengaruh Pupuk N terhadap Hasil dan Komponen Hasil Jagung

Tabel 4 menunjukkan variabel jumlah tongkol panen, panjang tongkol, dan jumlah biji per baris yang berbeda nyata menurut Uji Ganda Duncan (UJGD) taraf 5% pada masing-masing taraf pemupukan N. Variabel rendemen

biji dan diameter tongkol tidak menunjukkan perbedaan pada pemupukan 100 kg N dan 200 kg N/ha, namun berbeda dengan tanpa N. Pemupukan dengan dosis 0 kg N dan 200 kg N/ha menunjukkan perbedaan pengaruh pada variabel bobot tongkol panen dan hasil biji, sedangkan pemupukan 100 kg N/ha tidak menunjukkan perbedaan dengan kedua taraf pemupukan lainnya. Dibandingkan dengan pemupukan 200 kg N/ha, hasil biji pada pemupukan 100 kg N/ha menurun 18,80% dan 38,69% pada pemupukan 0 kg N/ha. Hasil biji jagung pada pemupukan 0 kg N/ha menurun 24,49% dibandingkan dengan pemupukan 100 kg N/ha.

Parameter Genetik

Hasil analisis ragam DGU dan DGK pada tiga taraf pemupukan disajikan pada Tabel 5. Pada pemupukan 0 kg N/ha, diameter tongkol dan jumlah biji per tongkol menunjukkan pengaruh ragam DGU dan DGK sangat nyata. Kadar air panen, bobot 100 biji, dan panjang tongkol hanya menampakkan perbedaan pada ragam

Tabel 3. Rangkuman analisis ragam hasil dan komponen hasil jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

Variabel	Ulangan	Nitrogen (N)	Galat a	Hibrida (H)	(N x H)	Galat b	KK (%)
JTKP	133,389	777,348*	14,264	336,020**	43,709	49,596	26,9
BTKP	5,220	107,847*	4,325	16,352**	1,025	1,549	26,1
R	0,000	0,021*	0,001	0,025**	0,002	0,003	7,2
KA	127,467*	8,640	2,923	14,222**	2,323	2,48	5,4
Y	7,297	107,33*	4,778	16,449**	0,969	1,447	27,2
B100	27,703	59,326	18,018	56,705**	7,807	9,253	9,4
PTKl	13,701	108,282*	1,938	8,861**	1,889	2,213	10,2
DTKl	25,052	83,113*	2,098	40,927**	6,897	6,137	5,8
JBT	1,848	1,356	0,134	7,289**	0,681*	0,493	4,7
JBB	17,648	616,178**	4,203	89,456**	10,771	10,539	11,3

Keterangan: N0 = 0 kg N/ha, N1=100 kg N/ha, 200 kg N/ha, JTKP = jumlah tongkol panen, BTKP = bobot tongkol panen, R = Rendemen, KA = Kadar air panen, Y = hasil pada kadar air 15%, B100 = bobot 100 biji, PTKl = panjang tongkol, DTKl = diameter tongkol, JBT = jumlah baris per tongkol, JBB = jumlah biji per baris, * = berbeda nyata pada $P < 0,05$, ** = berbeda nyata pada $P < 0,01$

Tabel 4. Pengaruh pemupukan N terhadap hasil dan komponen hasil jagung hibrida. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019

Variabel	Taraf pemupukan N		
	N0	N1	N2
Jumlah tongkol panen per plot	23,25 c	26,27 b	28,94 a
Bobot tongkol panen per plot (kg)	3,70 b	4,78 ab	5,82 a
Panjang tongkol (cm)	13,47 c	14,71 b	15,58 a
Diameter tongkol (mm)	41,96 b	43,27 a	43,76 a
Jumlah biji per baris	26,01 c	29,02 b	31,05 a
Rendemen biji (%)	0,74 b	0,76 a	0,77 a
Hasil biji (t/ha)	3,36 b	4,45 ab	5,48 a

Angka sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Ganda Duncan (UJGD) pada taraf 5%

DGU. Untuk variabel jumlah tongkol, bobot tongkol panen, rendemen biji, hasil pada kadar air 15%, dan jumlah biji per baris hanya ragam DGK yang berbeda. Semua variabel menunjukkan perbedaan ragam DGU dan DGK pada pemupukan 100 kg N/ha kecuali bobot 100 biji, panjang tongkol, dan jumlah biji per baris. Pada pemupukan 100 kg N/ha, bobot 100 biji dan panjang tongkol hanya menunjukkan perbedaan pada ragam DGU, sedangkan jumlah biji per baris berbeda pada ragam DGK. Pada pemupukan 200 kg N/ha, variabel bobot 100 biji menunjukkan perbedaan pada ragam DGU, bobot tongkol panen, dan hasil biji hanya berbeda pada

ragam DGK, sedangkan variabel lainnya berbeda pada ragam DGU dan DGK (Tabel 5).

Variasi perbedaan pengaruh ragam DGU dan DGK terhadap variabel pada tiap taraf pemupukan menunjukkan perbedaan aksi gen yang berpengaruh pada penampilan variabel tersebut. Variabel yang memiliki ragam DGU dan DGK nyata dipengaruhi oleh gen aditif dan nonaditif (Kamara *et al.* 2019; Seyyed-Nazari *et al.* 2016). Variabel berbeda yang hanya pada ragam DGU menunjukkan sifat tersebut lebih dipengaruhi oleh gen aditif (Abdel-Moneam *et al.* 2014a). Variabel dengan perbedaan pengaruh hanya pada

Tabel 5. Analisis ragam DGU dan DGK hasil dan komponen hasil jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

Variabel	Kuadrat tengah (KT)								
	N0			N1			N2		
	DGU	DGK	Galat	DGU	DGK	Galat	DGU	DGK	Galat
JTKP	71,744	105,913*	52,3	145,865**	175,74**	40,489	137,884*	187,078**	56,423
BTKP	2,72	4,352**	1,536	2,943*	7,015**	1,164	3,721	10,095**	1,777
R	0,011	0,014**	0,006	0,013**	0,009**	0,002	0,011**	0,007**	0,001
KA	11,844**	3,781	3,674	14,799**	4,777*	2,556	16,804**	5,575**	1,613
Y	1,999	4,54**	1,497	2,518*	7,136**	1,054	2,89	10,237**	1,626
B100	85,588**	10,041	8,809	86,319**	14,792	9,142	78,934**	10,545	8,888
PTKl	7,277*	2,965	2,543	7,485**	3,236	2,479	10,578**	3,817**	1,22
DTKl	33,074**	17,563**	5,558	14,459*	20,446**	6,7	22,739**	16,472**	5,2
JBT	10,522**	1,668**	0,47	6,193**	1,525**	0,419	7,429**	2,509**	0,558
JBB	22,57	33,668*	17,421	12,368	45,765**	7,532	30,649**	42,77**	3,219

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, JTKP = jumlah tongkol panen, BTKP = bobot tongkol panen, R = Rendemen, KA = Kadar air panen, Y = hasil pada kadar air 15%, B100 = bobot 100 biji, PTKl = panjang tongkol, DTKl = diameter tongkol, JBT = jumlah baris per tongkol, JBB = jumlah biji per baris, * = berbeda nyata pada $P < 0,05$, ** = berbeda nyata pada $P < 0,01$

Tabel 6. Parameter genetik variabel hasil dan komponen hasil jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019

Variabel	Parameter genetik								
	N0			N1			N2		
	h^2_E	h^2_{NE}	RG	h^2_E	h^2_{NE}	RG	h^2_E	h^2_{NE}	RG
JTKP	0,353	0,022	0,808	0,656	0,081	0,907	0,563	0,057	0,849
BTKP	0,497	0,035	0,769	0,726	0,038	0,591	0,709	0,029	0,539
R	0,463	0,052	0,897	0,651	0,155	1,209	0,705	0,187	1,277
KA	0,178	0,166	1,516	0,465	0,233	1,512	0,676	0,278	1,502
Y	0,512	0,015	0,611	0,751	0,031	0,522	0,731	0,019	0,440
B100	0,463	0,425	1,790	0,518	0,370	1,707	0,447	0,396	1,764
PTKl	0,201	0,135	1,421	0,252	0,137	1,396	0,638	0,252	1,470
DTKl	0,605	0,178	1,306	0,531	0,049	0,828	0,582	0,128	1,160
JBT	0,763	0,461	1,726	0,720	0,351	1,605	0,741	0,289	1,495
JBB	0,330	0,018	0,803	0,722	0,016	0,426	0,874	0,098	0,835

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, JTKP = jumlah tongkol panen, BTKP = bobot tongkol panen, R = Rendemen, KA = Kadar air panen, Y = hasil pada kadar air 15%, B100 = bobot 100 biji, PTKl = panjang tongkol, DTKl = diameter tongkol, JBT = jumlah baris per

tongkol, JBB = jumlah biji per baris h^2_E = heritabilitas arti luas, h^2_{NE} = heritabilitas arti sempit, RG = rasio genetik.

ragam DGK mengindikasikan gen nonaditif lebih berpengaruh terhadap penampilan variabel tersebut (Bushai and Lai 2020).

Pengaruh gen aditif atau nonaditif pada variabel yang diperlihatkan oleh analisis ragam belum dapat menjelaskan proporsi masing-masing pengaruh gen tersebut, terutama pada variabel yang menunjukkan pengaruh ragam DGU dan DGK berbeda. Oleh karena itu perlu dilakukan penguraian parameter genetika guna menjelaskan proporsi gen. Parameter genetika variabel yang diamati pada masing-masing taraf pemupukan disajikan pada Tabel 6.

Variabel hasil biji, diameter tongkol, dan jumlah baris per tongkol memiliki nilai heritabilitas arti luas tinggi pada tiga taraf pemupukan. Kadar air panen menunjukkan nilai h^2 rendah pada pemupukan 0 kg N/ha, nilai sedang pada pemupukan 100 kg N/ha, dan nilai tinggi pada pemupukan 200 kg N/ha. Variabel jumlah tongkol panen, bobot tongkol panen, rendemen biji, dan jumlah biji per baris memiliki nilai sedang pada pemupukan 0 kg N/ha dan nilai tinggi pada pemupukan 100 kg N dan 200 kg N/ha. Bobot 100 biji menunjukkan nilai pada pemupukan 100 kg N/ha dan nilai sedang pada pemupukan 0 kg N/ha dan 200 kg N/ha. Nilai panjang tongkol termasuk tinggi pada pemupukan 200 kg N/ha dan sedang pada pemupukan 0 kg N dan 100 kg N/ha.

Rasio genetika digunakan untuk mengetahui penampilan suatu sifat yang dikendalikan oleh aksi gen aditif atau nonaditif. Baker (1978) menggunakan nisbah kuadrat tengah untuk menentukan proporsi peran gen aditif atau nonaditif dalam mengendalikan suatu variabel. Suatu variabel lebih dikendalikan oleh gen-gen jika memiliki nilai RG lebih dari 1. Variabel yang dikendalikan oleh gen nonaditif ditunjukkan oleh nilai RG kurang dari 1. Variabel jumlah tongkol panen, berat tongkol panen, hasil biji, dan jumlah biji per baris memiliki nilai RG kurang dari 1 pada ketiga taraf pemupukan. Hal tersebut mengindikasikan pengaruh aksi gen nonaditif lebih penting dalam mengendalikan variabel tersebut. Aksi gen aditif lebih berperan dalam ekspresi variabel kadar air panen, bobot 100 biji, panjang tongkol, dan jumlah baris per tongkol pada tiga taraf pemupukan yang ditunjukkan oleh nilai RG lebih dari 1.

Metode seleksi berulang sesuai digunakan untuk memperbaiki sifat yang dipengaruhi oleh gen aditif pada suatu populasi (Amisshah *et al.* 2019). Perbaikan genetika melalui seleksi berulang sangat nyata setelah 10 siklus seleksi dan rekombinasi. Terdapat beberapa metode yang biasa digunakan dalam seleksi berulang. Metode tersebut antara lain seleksi massa, seleksi barisan-satu-tongkol, seleksi saudara kandung (full-sib), seleksi

saudara tiri (half-sib), seleksi S1, seleksi S2, seleksi berulang timbal-balik, dan seleksi saudara kandung timbal-balik (Mejaya *et al.* 2007). Pemilihan metode seleksi yang digunakan bergantung pada tujuan pemuliaan dan sumber daya pendukung.

Heritabilitas arti luas memberikan gambaran porsi pengaruh ragam genetika terhadap ragam fenotipik. Heritabilitas arti luas menggambarkan pengaruh total genetika tanpa membagi ke dalam pengaruh aditif dan nonaditif. Menurut Nur *et al.* (2013), heritabilitas arti sempit lebih efektif untuk seleksi karena menggambarkan ragam genetika aditif yang sebenarnya. Pengaruh aditif suatu alel akan diwariskan kepada keturunannya, sedangkan pengaruh lainnya tidak diwariskan. Variabel yang menunjukkan heritabilitas arti luas yang tinggi belum tentu menunjukkan heritabilitas arti sempit yang tinggi. Hal ini terlihat pada variabel hasil biji meskipun heritabilitas arti luas memiliki nilai tinggi pada semua taraf pemupukan, namun karena ragam aditifnya kecil maka nilai heritabilitas arti sempit juga kecil. Bahkan hasil biji lebih dikendalikan oleh gen nonaditif yang ditunjukkan oleh nilai RG pada pemupukan 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, dan 200 kg N/ha yang kurang dari 1 (0,611; 0,522; dan 0,440). Hal ini menunjukkan gen-gen nonaditif, terutama gen-gen dominan, lebih berperan dalam mengontrol karakter hasil jagung hibrida, senada dengan yang dikemukakan Kamara (2015) dan Abdel-Moneam *et al.* (2014b) yang menyatakan karakter hasil biji dikendalikan oleh gen nonaditif.

Perbaikan sifat yang dikendalikan oleh gen nonaditif dapat dilakukan dengan metode *recurrent selection* (Hallauer *et al.* 2010). Metode ini efektif dan terus menerus meningkatkan frekuensi alel yang menguntungkan dan sekaligus mempertahankan variabilitas genetika (Acquaah 2012). Metode *recurrent selection* meningkatkan frekuensi alel dengan jalan mengumpulkan sifat-sifat positif suatu kombinasi persilangan dengan menyilangkan secara terus-menerus segrekan terpilih. Persilangan segrekan terpilih secara terus-menerus akan membentuk populasi yang lebih baik dari populasi sebelumnya karena terdiri atas tanaman yang memiliki kombinasi sifat-sifat positif.

Hasil analisis menunjukkan terdapat korelasi yang kuat antara taraf pemupukan N dengan heritabilitas arti luas ($r = 0,54$). Nilai korelasi nyata positif berarti kenaikan taraf pupuk N menyebabkan peningkatan hasil akan diikuti oleh kenaikan nilai heritabilitas arti luas. Hal ini terjadi ketika tanaman mengalami cekaman sehingga tidak mampu mengekspresikan potensi genetiknya secara maksimal. Pada kondisi optimal, jagung dapat mengekspresikan potensinya dengan maksimal. Korelasi nyata dan positif juga ditemukan

pada RG dengan heritabilitas arti sempit ($r = 0,92$). Tidak terdapat korelasi yang nyata antara taraf pupuk N dengan heritabilitas arti sempit dan RG. Demikian pula korelasi antara heritabilitas arti luas dengan heritabilitas arti sempit dan RG yang menunjukkan nilai tidak nyata (Tabel 7).

Tabel 7. Korelasi antara taraf pupuk N dan heritabilitas arti luas. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

	Taraf N	h^2_E	h^2_{nE}
h^2_E	0,54**		
h^2_{nE}	0,07	0,05	
RG	-0,03	-0,26	0,92**

h^2_E = heritabilitas arti luas, h^2_{nE} = heritabilitas arti sempit, RG = rasio genetik

Nilai korelasi antarparameter genetik pada tiap taraf pemupukan ditampilkan pada Tabel 8. Heritabilitas arti luas menunjukkan nilai korelasi yang tidak nyata terhadap heritabilitas arti sempit dan RG pada semua taraf pemupukan. Hal ini berarti hubungan antara heritabilitas arti luas dengan heritabilitas arti sempit dan RG tidak dapat dijelaskan secara linier pada ketiga taraf pemupukan. Korelasi antara heritabilitas arti sempit dengan RG sangat kuat pada tiga taraf pemupukan. Nilai korelasi antara arti sempit dengan RG pada pemupukan 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, dan 200 kg N/ha masing-masing adalah 0,91; 0,93; dan 0,97.

Daya Gabung Umum

Daya gabung umum (DGU) merupakan gambaran penampilan rata-rata suatu galur ketika disilangkan

Tabel 8. Korelasi antarparameter genetik jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus- Desember 2019.

		N0		N1		N2	
		h^2_{nE}	RG	h^2_{nE}	RG	h^2_{nE}	RG
N0	h^2_E	0,44	0,10				
	h^2_{nE}		0,91**				
N1	h^2_E			-0,24	-0,54		
	h^2_{nE}				0,93**		
N2	h^2_E					-0,42	-0,46
	h^2_{nE}						0,97**

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, h^2_E = heritabilitas arti luas, h^2_{nE} = heritabilitas arti sempit, RG = rasio genetik.

dengan semua tetua dalam suatu set persilangan. Nilai DGU dapat positif atau negatif, bergantung pada nilai simpangan baku galur tersebut terhadap rata-rata total. Suatu galur bernilai positif apabila penampilan galur tersebut di atas rata-rata. Nilai DGU negatif ditunjukkan oleh galur yang memiliki penampilan di bawah rata-rata. Pemilihan galur maupun kombinasi persilangan dengan daya gabung yang baik tidak selalu bernilai positif namun berdasar preferensi sifat tersebut. Nilai DGU hasil dan komponen hasil pada ketiga taraf pemupukan disajikan pada Tabel 9 dan 10.

Variabel jumlah tongkol panen, bobot tongkol panen, dan hasil biji hanya nyata memiliki nilai DGU pada pemupukan 100 kg N/ha. Nilai DGU nyata positif untuk jumlah tongkol panen pada pemupukan 100 kg N/ha

Tabel 9. Nilai DGU jumlah tongkol panen, bobot tongkol panen, rendemen, kadar air panen, dan hasil biji jagung hibrida pada kadar air 15% dengan tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus- Desember 2019.

Galur	Nilai DGU														
	JTKP			BTKP			R			KA			Y		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
G1	0,32	3,34*	3,08	0,42	0,31	0,29	0,01	0,04**	0,04**	-0,58	0,22	-0,50	0,38	0,41	0,45
G2	0,05	2,93	2,81	0,46	0,57*	0,51	0,01	0,01	0,01	-0,12	0,18	0,53	0,43	0,49*	0,44
G3	0,28	0,80	-3,01	-0,10	-0,48	-0,66	0,01	0,02*	0,01	-0,84	-1,49**	-1,13**	-0,05	-0,27	-0,51
G4	1,14	-2,29	-3,06	-0,33	-0,08	-0,37	0,01	-0,01	-0,01	0,51	0,82*	0,25	-0,32	-0,12	-0,39
G5	-3,49	-1,84	-1,37	-0,37	-0,22	-0,15	-0,04	-0,02	0,00	1,14*	0,63	0,13	-0,40	-0,25	-0,12
G6	-0,54	0,12	0,40	0,48	0,20	0,33	-0,04	-0,04**	-0,05**	1,01*	1,10**	1,63**	0,30	-0,06	-0,03
G7	3,14	2,25	2,58	-0,14	0,19	0,45	0,01	0,00	-0,01	0,04	-0,25	0,41	-0,08	0,19	0,41
G8	-1,40	-1,11	0,81	-0,14	-0,54*	-0,29	0,00	-0,02	-0,01	-0,62	-0,54	-1,18**	-0,11	-0,54*	-0,25
G9	0,51	-4,20*	-2,24	-0,27	0,04	-0,10	0,02	0,02	0,02	-0,54	-0,67	-0,14	-0,15	0,16	-0,01

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, JTKP = jumlah tongkol panen, BTKP = bobot tongkol panen, R = Rendemen, KA = Kadar air panen, Y = hasil pada kadar air 15%, B100 = bobot 100 biji * = berbeda nyata pada $P < 0,05$, ** = berbeda nyata pada $P < 0,01$

ditunjukkan oleh galur AVLN 83-2. Galur AVLN 118-7 memiliki nilai DGU tertinggi untuk variabel bobot tongkol panen dan hasil biji pada pemupukan 100 kg N/ha dengan nilai masing-masing 0,57 dan 0,49. Variabel rendemen biji dan kadar air panen menunjukkan nilai DGU signifikan pada pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha. Nilai DGU signifikan rendemen biji pada pemupukan 100 kg N/ha ditunjukkan oleh galur AVLN 83-2 (0,04) dan AVLN 78-1 (0,02), sedangkan pada pemupukan 200 kg N/ha ditunjukkan oleh galur AVLN 83-2 (0,04). Nilai DGU kadar air panen yang nyata negatif pada pemupukan 100 kg N/ha dicapai oleh galur AVLN 78-1 (-1,49). Galur AVLN 78-1 dan AVLN 114-4 dengan nilai DGU -1,13 dan -1,18 masing-masing nyata negatif untuk variabel kadar air panen pada pemupukan 200 kg N/ha.

Tabel 10 menunjukkan galur AVLN 124-4 mempunyai nilai DGU tertinggi untuk variabel bobot 100 biji pada pemupukan 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, dan 200 kg N/ha. Nilai DGU galur AVLN 124-4 pada ketiga taraf pemupukan masing-masing 3,51; 3,66; dan 3,15. Nilai DGU tertinggi variabel panjang tongkol pada pemupukan 0 kg N/ha dicapai oleh galur AVLN 78-1 (0,95), sedangkan pada pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha ditunjukkan oleh galur AVLN 122-2 dengan nilai masing-masing 0,76 dan 1,35. Nilai DGU tertinggi diameter tongkol pada pemupukan 0 kg N/ha ditunjukkan oleh galur AVLN 118-7 (1,41), pada pemupukan 100 kg N/ha diperlihatkan oleh galur AVLN 124-4 (1,36), dan pada pemupukan 200 kg N/ha dicapai oleh galur AVLN 118-7 (1,19). Galur AVLN 100-1 menunjukkan nilai DGU tertinggi untuk variabel jumlah baris per tongkol pada pemupukan 0 kg N/ha, 100 kg N/ha, dan 200 kg N/ha dengan nilai berturut-turut 1,20; 0,71; dan 1,02. AVLN 78-1 dengan nilai DGU 1,97 merupakan galur dengan DGU tertinggi untuk variabel jumlah biji per baris pada pemupukan 0 kg N/ha,

sedangkan pada pemupukan 200 kg N/ha ditunjukkan oleh galur AVLN 122-2 (1,76).

Galur AVLN 118-7 merupakan galur yang mempunyai DGU yang baik pada variabel hasil biji. Selain memiliki DGU nyata positif untuk variabel hasil biji pada pemupukan 100 kg N/ha, galur AVLN 118-7 juga memiliki nilai daya gabung variabel hasil yang positif pada kedua taraf pemupukan lainnya. Selain AVLN 118-7, galur AVLN 83-2 juga menunjukkan nilai DGU variabel hasil biji positif pada ketiga taraf pemupukan. Meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata positif, nilai DGU hasil biji pada pemupukan 200 kg N/ha lebih tinggi dibandingkan dengan galur lainnya. Galur AVLN 118-7 dan AVLN 83-2 berpotensi digunakan sebagai penguji (*tester*) pada pengujian line x tester, baik pada kondisi N optimal maupun N rendah karena memiliki nilai DGU tinggi pada tiga taraf pemupukan. Iriany *et al.* (2011) menyatakan genotipe yang memiliki nilai DGU tinggi pada karakter hasil biji dapat digunakan sebagai tetua penyusun varietas sintetik, tetua pembentuk populasi dasar melalui metode seleksi berulang (*recurrent selection*), dan tetua penguji pada pengujian *line x tester* selanjutnya.

Daya Gabung Khusus

Nilai daya gabung khusus (DGK) pasangan persilangan ditampilkan pada Tabel 11 dan 12. Untuk variabel jumlah tongkol panen, nilai DGK yang nyata positif pada pemupukan 0 kg N/ha dicapai oleh tiga persilangan. Persilangan AVLN 78-1/AVLN 122-2 memiliki DGK tertinggi (12,87). Nilai DGK nyata positif pada pemupukan 100 kg N/ha terdapat pada enam persilangan dengan DGK tertinggi pada persilangan AVLN 78-1/AVLN 124-9 (14,23). Pada pemupukan 200 kg N/ha diperoleh lima persilangan dengan nilai DGK nyata positif. Nilai DGK

Tabel 10. Nilai DGU bobot 100 biji jagung hibrida, panjang tongkol, diameter tongkol, jumlah baris per tongkol, dan jumlah biji per baris pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus- Desember 2019

Galur	Nilai DGU														
	B100			PTkl			DTkl			JBT			JBB		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
G1	0,47	-0,75	-0,01	0,44	0,30	0,47	-0,54	-0,44	0,36	0,14	0,32*	0,29	1,29	0,93	1,52**
G2	1,81*	1,67*	0,16	-0,17	-0,63	-0,64*	1,41*	0,75	1,19*	0,26	0,16	0,36*	-0,71	-0,16	-0,35
G3	-1,44*	-1,70*	-2,54**	0,95*	0,60	0,35	-1,36*	-0,96	-2,00**	0,24	0,03	-0,28	1,97*	-0,17	0,32
G4	-0,33	-0,12	-0,99	-0,15	-0,05	-0,14	0,79	-0,86	-0,92	0,56**	0,60**	0,25	-0,27	-0,37	-0,67
G5	0,16	-0,55	0,64	0,26	0,76*	1,35**	-2,30**	-0,77	0,65	-1,03**	-0,51**	-0,06	-0,66	0,65	1,76**
G6	3,51**	3,66**	3,15**	0,45	0,62	0,37	0,81	1,36*	0,74	-0,80**	-0,46**	-0,77**	0,26	0,54	-1,53**
G7	0,78	1,80*	2,49**	-0,28	-0,41	-0,61*	0,21	0,49	0,42	-0,47**	-0,89**	-0,85**	-0,80	-1,15	-1,59**
G8	-2,68**	-1,71*	-1,96*	-0,61	-0,72	-0,40	-0,13	0,38	0,34	-0,08	0,03	0,04	-0,10	-0,96	0,43
G9	-2,29**	-2,30**	-0,93	-0,88*	-0,47	-0,76**	1,12*	0,05	-0,78	1,20**	0,71**	1,02**	-0,97	0,69	0,10

N0= 0 kg N/ha, N1=100 kg N/ha, 200 kg N/ha, PTkl=panjang tongkol, DTkl=diameter tongkol, JBT=jumlah baris per tongkol, JBB=jumlah biji per baris, * = berbeda nyata pada P<0.05, ** = berbeda nyata pada P<0.01

tertinggi 12,9 terdapat pada persilangan AVLN 118-7/AVLN 78-1. Persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4 dengan nilai DGK 1,77 merupakan satu-satunya persilangan dengan nilai DGK nyata positif untuk variabel bobot tongkol panen pada pemupukan 0 kg N/ha. Pada pemupukan 100 kg N/ha terdapat 11 persilangan dengan nilai DGK nyata positif, persilangan AVLN 83-2/AVLN 32-8 dengan nilai DGK tertinggi (2,51). Persilangan dengan nilai DGK nyata positif untuk variabel bobot tongkol panen pada pemupukan 200 kg N/ha terdapat pada 10 persilangan. Nilai DGK tertinggi terdapat pada persilangan AVLN 122-2/AVLN 124-9 dengan nilai 2,66.

Nilai DGK yang nyata positif pada variabel rendemen biji dengan pemupukan 0 kg N/ha dicapai oleh dua persilangan dengan nilai tertinggi pada persilangan AVLN

118-7/AVLN 124-4 (0,12). Persilangan AVLN 83-2/AVLN 122-2 dan AVLN 32-8/AVLN 122-2 dengan nilai DGK yang sama (0,07) merupakan persilangan dengan nilai DGK nyata positif untuk variabel rendemen biji pada pemupukan 100 kg N/ha. Pada pemupukan 200 kg N/ha, nilai DGK nyata positif untuk variabel rendemen biji terdapat pada tiga persilangan. Persilangan AVLN 32-8/AVLN 124-4 dengan nilai DGK 0,10 merupakan yang tertinggi. Pada pemupukan 0 kg N/ha tidak terdapat persilangan dengan nilai DGK nyata untuk variabel kadar air panen. Nilai DGK variabel kadar air panen nyata negatif pada pemupukan 100 kg N/ha terlihat pada dua persilangan. Persilangan AVLN 78-1/AVLN 100-1 dengan nilai -4,36 merupakan yang terendah. Pada pemupukan 200 kg N/ha diperoleh empat persilangan dengan nilai

Tabel 11. Nilai DGK jumlah tongkol panen, bobot tongkol panen, rendemen biji, kadar air panen, dan hasil biji jagung hibrida pada kadar air 15 % pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

Hibrida	Nilai DGK														
	JTKP			BTKP			R			KA			Y		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
G1/G2	2,28	-2,50	-1,50	-0,58	-0,11	1,05	-0,05	-0,01	0,00	-0,30	-1,31	0,05	-0,63	0,02	1,07
G1/G3	-2,45	0,14	-5,68	-0,37	-0,89	-1,76*	-0,17**	-0,01	0,00	-0,09	0,25	-2,64**	-1,23	-0,93	-1,64
G1/G4	3,19	0,73	4,36	1,04	2,51**	2,42**	0,02	0,01	0,01	0,21	0,74	1,23	1,07	2,22**	2,13*
G1/G5	-1,17	9,27*	0,18	0,67	-0,43	-1,37	0,08	0,07*	0,03	-0,12	-1,51	-0,35	0,76	-0,05	-1,17
G1/G6	3,37	2,32	7,41	1,77*	1,85*	1,61	0,07	0,02	0,02	-0,59	-0,54	0,05	1,89*	1,78*	1,53
G1/G7	4,69	-3,32	4,23	0,90	0,48	1,76*	0,04	0,01	0,02	-0,87	-0,23	-1,43	1,10	0,53	1,94*
G1/G8	4,24	8,05	-4,50	1,47	1,03	0,56	0,05	0,01	0,01	1,54	0,60	-0,04	1,56	0,95	0,72
G1/G9	3,83	11,14*	2,05	0,26	1,91**	2,48**	0,00	0,00	0,00	0,41	0,99	1,37	0,20	1,76*	2,39**
G2/G3	3,83	3,05	12,59*	1,33	0,87	0,92	0,05	0,03	0,03	-0,24	2,14*	-0,08	1,52	0,90	1,09
G2/G4	5,96	6,64	6,64	1,45	1,44*	1,49	-0,03	0,00	0,00	-0,89	-0,36	0,79	1,24	1,23	1,20
G2/G5	-5,40	-8,32	-1,05	-0,32	-1,03	-0,24	-0,06	0,01	0,01	-1,57	-0,62	-1,39	-0,72	-0,96	-0,14
G2/G6	0,65	3,73	8,68	0,67	1,31	1,15	0,12*	0,02	0,01	0,46	-0,20	-0,73	1,24	1,18	0,92
G2/G7	-2,54	11,59**	4,50	0,08	1,32	1,89*	0,01	0,02	0,02	0,23	-0,04	-2,21*	0,04	1,34	2,01*
G2/G8	5,01	3,95	-1,23	0,63	0,40	-0,86	0,01	0,01	-0,02	1,68	-0,06	1,62	0,46	0,28	-0,88
G2/G9	1,10	0,05	-0,18	0,26	1,29	0,68	0,02	0,01	0,00	0,36	-1,32	-0,87	0,30	1,37*	0,72
G3/G4	-3,26	0,77	-5,55	-0,59	-1,01	-1,49	0,03	0,03	0,07*	-0,33	-0,10	-0,90	-0,43	-0,97	-1,19
G3/G5	12,87**	5,82	10,27*	0,85	1,64*	0,94	0,10*	0,06	0,04	-2,01	-1,06	-1,27	1,14	1,83**	1,14
G3/G6	6,42	12,86**	6,00	1,61	1,50*	2,11*	0,06	0,03	0,06*	0,87	-0,63	-0,52	1,57	1,52*	2,26**
G3/G7	9,24	14,23**	10,82*	0,95	1,45*	0,31	0,04	0,04	0,04	-0,41	-0,38	-1,70*	1,05	1,59*	0,55
G3/G8	3,28	1,09	8,09	0,00	0,93	1,89*	0,02	0,02	0,02	-0,20	-1,19	-0,46	0,06	0,98	1,93*
G3/G9	-1,13	3,68	-3,36	-0,13	-0,30	-0,01	0,03	0,02	0,02	-0,43	-4,36**	-0,10	-0,02	-0,03	0,06
G4/G5	5,01	6,91	9,82	-0,45	1,68*	1,05	0,06	0,07*	0,03	-0,50	-1,61	-1,25	-0,33	1,78*	1,08
G4/G6	6,05	5,45	-3,45	1,30	0,70	1,23	0,02	0,04	0,10**	-1,48	-1,84	-0,70	1,22	0,75	1,68*
G4/G7	-7,63	3,82	6,36	1,18	1,27	1,77*	-0,01	0,02	0,03	0,10	-1,39	-0,68	1,01	1,16	1,63
G4/G8	4,92	5,18	8,14	1,22	0,37	1,55	0,03	0,03	0,02	0,75	-0,05	0,80	1,10	0,52	1,34
G4/G9	-1,99	2,77	3,68	-0,43	-0,07	-0,48	0,00	0,03	0,01	1,68	-0,36	0,06	-0,48	-0,06	-0,51
G5/G6	11,69*	5,00	10,36*	-0,06	1,54*	2,60**	0,06	0,05	0,03	1,84	0,60	-0,18	-0,21	1,36*	2,25**
G5/G7	3,51	-1,14	5,68	1,58	0,44	2,66**	0,09	0,05	0,05	-1,69	-0,69	-0,96	1,68*	0,55	2,78**
G5/G8	1,55	5,23	5,45	0,31	-0,49	-1,04	0,07	0,05	0,03	-1,48	-1,21	-3,12**	0,38	-0,35	-0,72
G5/G9	-0,35	10,32*	2,00	1,62	1,46*	1,01	0,05	0,06	0,02	-1,50	-0,17	-1,01	1,58	1,56*	1,13
G6/G7	-6,95	-6,09	-4,09	-1,02	-1,67*	-1,84*	-0,07	0,00	0,00	-1,06	1,28	1,85*	-1,19	-1,61*	-2,00*
G6/G8	-7,90	1,77	-5,82	0,85	0,74	0,31	0,03	0,04	0,03	-3,10	-0,23	-0,47	0,93	0,76	0,39
G6/G9	1,19	-5,14	0,73	0,11	-0,22	0,35	0,05	0,02	0,03	-0,38	1,10	0,24	0,17	-0,26	0,34
G7/G8	0,92	3,14	3,00	-0,14	0,88	1,25	0,01	0,03	0,02	1,67	-0,13	0,40	-0,26	0,85	1,08
G7/G9	5,01	-0,77	6,05	1,28	2,26**	1,36	0,03	0,02	0,02	-0,90	-1,79	-1,29	1,36	2,35**	1,42
G8/G9	11,05*	1,59	12,32*	0,89	0,22	2,03*	0,02	0,03	0,01	1,00	1,34	0,70	0,83	0,18	1,92*

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, JTKP = jumlah tongkol panen, BTKP = bobot tongkol panen, R = Rendemen, KA = Kadar air panen, Y = hasil pada kadar air 15%, B100 = bobot 100 biji, * = berbeda nyata pada P<0,05, ** = berbeda nyata pada P<0,01

DGK variabel kadar air panen yang nyata negatif. Persilangan AVLN 122-2/AVLN 114-4 memiliki DGK terendah (-3,12). Nilai DGK yang nyata positif untuk variabel hasil biji pada pemupukan 0 kg N/ha dicapai oleh persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4 dan AVLN 122-2/AVLN 124-9 dengan nilai masing-masing 1,89 dan 1,68. Diperoleh 11 persilangan dengan nilai DGK nyata positif pada pemupukan 100 kg N/ha dengan nilai DGK 2,35 pada persilangan AVLN 124-9/AVLN 100-1. Sebanyak 10 persilangan memiliki nilai DGK nyata positif untuk variabel hasil biji pada pemupukan 200 kg N/ha. Persilangan AVLN 122-2/AVLN 124-9 dengan nilai DGK 2,78 merupakan persilangan dengan DGK tertinggi (Tabel 11).

Tidak terdapat pasangan dengan nilai DGK nyata untuk variabel bobot 100 biji pada ketiga taraf pemupukan. Nilai DGK nyata untuk variabel panjang tongkol hanya terlihat pada pemupukan 200 kg N/ha. Pada pemupukan 0 kg N/ha dan 100 kg N/ha tidak terdapat perbedaan nilai DGK. Nilai DGK nyata positif untuk variabel panjang tongkol pada pemupukan 200 kg N/ha diperoleh dari tiga persilangan. AVLN 83-2/AVLN 122-2 (2,01) merupakan persilangan dengan DGK tertinggi.

Nilai DGK diameter tongkol nyata positif pada pemupukan 0 kg N/ha dicapai oleh empat persilangan. Nilai DGK tertinggi (5,67) pada pemupukan 0 kg N/ha

Tabel 12. Nilai DGK bobot 100 biji jagung hibrida, panjang tongkol, diameter tongkol, jumlah baris per tongkol, dan jumlah biji per baris pada tiga taraf pemupukan N. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019.

Hibrida	Nilai DGK														
	B100			PTkl			DTkl			JBT			JBB		
	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2	N0	N1	N2
G1/G2	2,28	-2,50	-1,50	-0,58	-0,11	1,05	-0,05	-0,01	0,00	-0,30	-1,31	0,05	-0,63	0,02	1,07
G1/G3	-2,45	0,14	-5,68	-0,37	-0,89	-1,76*	-0,17**	-0,01	0,00	-0,09	0,25	-2,64**	-1,23	-0,93	-1,64
G1/G2	-0,33	3,49	2,04	0,61	0,67	1,21	-0,11	1,75	0,22	-0,90*	-0,06	-0,11	0,03	0,29	0,80
G1/G3	3,70	-1,68	-4,21	-0,64	-0,74	-0,05	1,24	-0,47	0,66	0,42	0,17	0,43	-2,10	0,11	1,83
G1/G4	-2,48	1,01	1,81	1,23	0,70	0,32	-0,14	0,04	0,35	1,00*	-0,10	0,76	4,10	1,26	1,10
G1/G5	1,62	-3,34	-0,65	1,98	0,10	2,01**	4,44**	-0,11	1,12	1,74**	0,51	1,12*	4,90	2,19	2,35
G1/G6	-0,80	-0,97	1,78	0,02	0,42	0,95	0,05	0,23	2,02	0,06	-0,34	1,12*	2,41	1,64	4,03**
G1/G7	0,89	1,08	3,85	0,78	0,08	1,30	1,90	1,17	1,79	-0,07	0,29	-0,30	3,37	1,13	4,10**
G1/G8	1,42	1,66	-0,70	0,08	0,25	-0,59	1,25	0,52	-0,28	0,53	0,18	-0,18	-0,38	0,64	-0,53
G1/G9	0,71	-3,17	2,21	-0,61	0,88	0,72	-0,99	2,07	1,90	-0,14	1,00*	0,04	0,40	1,34	1,15
G2/G3	-0,94	0,87	-0,30	0,27	0,72	0,49	1,41	1,18	1,15	0,10	1,13*	1,06*	2,45	2,20	1,15
G2/G4	-1,95	-3,09	0,06	0,14	0,00	-0,15	-0,91	1,35	0,43	0,38	1,07*	0,63	1,49	0,70	-1,71
G2/G5	0,72	-1,33	0,64	-0,73	-3,33	-0,17	-0,03	-3,01	-1,62	-0,33	-1,12*	-0,95	-2,87	-6,82**	1,46
G2/G6	-1,04	0,03	-0,84	-0,28	0,58	0,81	0,27	4,49*	1,38	-0,16	-0,17	-0,04	1,56	1,03	1,78
G2/G7	-0,08	0,14	1,47	0,05	1,67	-0,19	0,19	1,05	3,46*	0,21	-0,17	0,03	2,62	5,41**	1,36
G2/G8	1,06	1,53	-0,88	-0,68	0,10	0,05	-0,70	3,88*	-0,26	-0,23	-0,76	-0,25	-0,54	-0,37	-1,16
G2/G9	1,19	0,83	-1,91	0,23	1,36	0,03	0,80	2,51	1,23	0,94*	1,06*	0,57	1,29	1,38	0,47
G3/G4	0,87	-3,31	-1,29	1,16	-2,58	-0,06	-2,62	-2,32	-1,47	-0,10	0,99*	0,77	0,16	-4,54*	0,57
G3/G5	-3,10	-0,94	-1,27	1,12	0,89	0,77	1,70	1,22	0,12	0,69	0,20	-0,11	6,21*	7,64**	2,74*
G3/G6	-1,77	-1,28	1,90	0,05	0,99	1,05	-0,43	1,22	2,41	-0,34	0,25	0,49	1,38	3,39	4,63**
G3/G7	0,45	-0,71	-1,84	1,56	0,98	0,08	1,60	-0,71	0,02	0,13	0,38	0,27	3,59	4,99**	2,99*
G3/G8	-2,80	-5,61	-2,21	-0,95	0,21	0,33	0,55	-1,04	2,08	0,69	1,07*	1,29*	-0,91	3,65*	1,72
G3/G9	-0,04	-2,01	0,56	0,00	-0,26	0,95	-0,17	0,06	-4,09**	-0,24	0,39	1,41**	0,11	1,75	3,50**
G4/G5	-2,05	-1,90	-2,17	-1,93	-0,16	1,09	-1,74	1,22	-0,19	-0,13	0,73	0,46	-3,45	4,34*	4,58**
G4/G6	-2,23	-2,53	-1,70	-0,31	0,01	0,92	1,33	2,34	3,32*	1,74**	0,78	1,16*	-1,48	1,24	1,27
G4/G7	0,19	1,96	0,97	-1,13	0,45	1,63*	-0,55	1,63	2,84	-0,19	-0,59	0,64	-3,02	0,64	3,23**
G4/G8	0,37	2,32	-2,41	0,59	1,10	-0,48	1,05	2,83	0,43	0,91*	0,60	0,20	1,78	4,20*	-1,89
G4/G9	-0,86	-3,41	-0,63	-1,59	-1,68	0,94	2,73	-3,19	1,32	0,74	-0,28	1,08*	-3,29	-1,86	1,04
G5/G6	0,17	3,32	0,00	-1,22	0,44	-0,37	0,25	1,68	0,47	0,13	0,62	-0,02	-2,61	2,71	2,75*
G5/G7	1,45	-2,21	0,94	0,65	-0,24	-0,24	3,55*	5,41**	0,86	0,30	-0,08	0,16	3,12	1,12	1,06
G5/G8	0,85	-1,15	-0,70	1,28	0,02	0,37	3,23*	0,73	0,09	0,31	0,01	-0,33	4,27	2,28	3,28**
G5/G9	0,67	1,37	-1,91	1,66	0,89	1,25	1,68	2,50	2,68	0,83	0,33	0,79	5,45	5,57**	4,96**
G6/G7	-1,53	-0,18	0,71	-0,37	0,54	-0,78	-2,79	-0,20	-1,25	-0,34	0,37	-0,24	-2,67	-2,28	-3,65**
G6/G8	3,66	2,15	4,35	2,19	0,63	2,57**	2,95	1,41	1,22	0,46	-0,54	-0,42	4,66	2,78	3,77**
G6/G9	2,93	1,91	1,84	0,25	-0,02	-0,39	5,67**	2,20	3,58*	0,00	0,49	0,10	2,57	1,03	1,70
G7/G8	4,96	1,51	0,95	1,96	0,90	1,31	3,54*	0,88	1,50	-0,05	0,49	0,16	6,31*	3,17	2,83*
G7/G9	1,02	2,29	-0,98	-0,41	0,76	0,52	0,71	2,35	2,67	0,37	0,51	0,78	0,23	3,42	3,06*
G8/G9	-2,76	-0,30	2,28	0,29	1,18	-0,01	1,34	1,68	3,00*	0,68	0,39	0,89	1,63	2,33	1,72

N0 = 0 kg N/ha, N1 = 100 kg N/ha, 200 kg N/ha, PTkl = panjang tongkol, DTkl = diameter tongkol, JBT = jumlah baris per tongkol, JBB = jumlah biji per baris, * = berbeda nyata pada P<0,05, ** = berbeda nyata pada P<0,01

dicapai oleh persilangan AVLN 124-4/AVLN 100-1. Nilai DGK nyata positif pada pemupukan 100 kg N/ha terdapat pada tiga persilangan dengan nilai DGK tertinggi pada persilangan AVLN 122-2/AVLN 124-9 dengan nilai 5,41. Pada pemupukan 200 kg N/ha terdapat lima persilangan dengan nilai DGK nyata positif. Persilangan AVLN 124-4/G9 dengan DGK 3,58 merupakan persilangan dengan nilai DGK tertinggi pada pemupukan 200 kg N/ha.

Variabel jumlah baris per tongkol memperlihatkan enam persilangan dengan DGK nyata positif pada pemupukan 0 kg N/ha. Terdapat dua persilangan dengan nilai DGK tertinggi yaitu AVLN 83-2/AVLN 122-2 dan AVLN 32-8/AVLN 124-4 dengan nilai 1,74. Pada pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha diperoleh tujuh persilangan dengan nilai DGK nyata positif untuk variabel jumlah baris per tongkol. Nilai DGK tertinggi pada pemupukan 100 kg N/ha ditunjukkan oleh persilangan AVLN 118-7/AVLN 78-1 dengan nilai 1,13. Pada pemupukan 200 kg N/ha, nilai DGK tertinggi ditunjukkan oleh persilangan AVLN 78-1/G9 yaitu 1,41 (Tabel 12).

Terdapat tiga persilangan dengan nilai DGK nyata dan positif untuk variabel jumlah biji per baris pada pemupukan 0 kg N/ha. Nilai DGK tertinggi pada pemupukan 0 kg N/ha adalah 6,21 yang dicapai oleh persilangan AVLN 78-1/AVLN 122-2. Nilai DGK nyata positif variabel diameter tongkol pada pemupukan 100 kg N/ha dicapai oleh tujuh persilangan, dengan nilai DGK tertinggi (7,64) pada persilangan AVLN 78-1/AVLN 122-2. Pada pemupukan 200 kg N/ha, 14 persilangan menunjukkan nilai DGK nyata positif untuk variabel jumlah biji per baris. Nilai DGK tertinggi (4,96) pada terdapat pada persilangan AVLN 122-2/AVLN 100-1.

Persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4 memiliki DGK yang baik untuk hasil biji pada pemupukan rendah. Hal ini dapat dilihat dari DGK yang nyata positif hasil persilangan tersebut pada pemupukan 0 kg N/ha dan 100 kg N/ha. Nilai DGK untuk hasil biji persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4 pada pemupukan 0 kg N/ha dan 100 kg N/ha masing-masing adalah 1,89 dan 1,78. Pasangan persilangan ini berpotensi sebagai hibrida yang sesuai untuk pemupukan N rendah. Selain memiliki nilai DGK nyata positif pada pemupukan 0 kg N/ha dan 100 kg N/ha, persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4 memiliki hasil biji tertinggi pada pemupukan 0 kg N/ha, yaitu 5,87 t/ha dan pada pemupukan 100 kg N/ha adalah 6,50 t/ha, lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata hasil seluruh persilangan.

Terdapat empat persilangan yang memiliki nilai DGK yang nyata positif untuk variabel hasil biji pada pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha, yaitu AVLN 83-2/AVLN 32-8, AVLN 83-2/AVLN 100-1, AVLN 78-1/AVLN 124-4, dan AVLN 122-2/AVLN 124-4. Persilangan AVLN 83-2/AVLN 32-8 memiliki nilai DGK yang tinggi pada

pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha, masing-masing 2,22 dan 2,13. Pasangan persilangan ini potensial dikembangkan sebagai hibrida yang sesuai untuk pemupukan N optimal dan medium. Hasil biji dari persilangan AVLN 83-2/AVLN 32-8 pada pemupukan 100 kg N/ha dan 200 kg N/ha masing-masing 6,88 t/ha dan 7,63 t/ha, lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata hasil seluruh persilangan pada kedua taraf pemupukan (Tabel 13).

Persilangan AVLN 122-2/AVLN 124-9 menunjukkan nilai DGK nyata positif untuk variabel hasil biji pada pemupukan 0 kg N/ha dan 200 kg N/ha, masing-masing 1,68 dan 2,78. Persilangan ini potensial sebagai hibrida

Tabel 13. Hasil biji pasangan persilangan jagung hibrida pada tiga taraf pemupukan. KP Bajeng, Sulawesi Selatan, Agustus-Desember 2019

Hibrida	Hasil biji (t/ha)		
	N0	N1	N2
G1/G2	3,49 m	5,29 jk	7,40 cd
G1/G3	2,40 qr	3,58 o	3,75 p
G1/G4	4,44 cdef	6,88 ab	7,63 c
G1/G5	4,05 hi	4,49 m	4,60 no
G1/G6	5,87 a	6,50 cd	7,39 cd
G1/G7	4,70 c	5,51 ij	8,25 b
G1/G8	5,14 b	5,19 k	6,36 hi
G1/G9	3,73 jklm	6,70 bc	8,28 ab
G2/G3	5,21 b	5,49 ij	6,46 gh
G2/G4	4,65 cd	5,96 e	6,69 fg
G2/G5	2,62 pq	3,66 o	5,62 l
G2/G6	5,28 b	5,98 e	6,76 f
G2/G7	3,70 klm	6,39 d	8,30 ab
G2/G8	4,08 ghi	4,59 m	4,74 n
G2/G9	3,88 ijkl	6,39 d	6,59 fgh
G3/G4	2,50 qr	3,01 pq	3,36 q
G3/G5	3,99 hij	5,69 fghi	5,96 jk
G3/G6	5,13 b	5,56 hij	7,16 de
G3/G7	4,22 fgh	5,88 ef	5,90 jk
G3/G8	3,20 n	4,54 m	6,61 fgh
G3/G9	3,08 no	4,23 n	4,99 m
G4/G5	2,26 r	5,79 efgh	6,02 j
G4/G6	4,50 cde	4,93 l	6,70 fg
G4/G7	3,91 ijk	5,60 ghi	7,10 e
G4/G8	3,97 hijk	4,22 n	6,15 ij
G4/G9	2,35 r	4,36 mn	4,53 no
G5/G6	3,00 no	5,42 ijk	7,54 c
G5/G7	4,51 cde	4,87 l	8,52 a
G5/G8	3,17 n	3,24 p	4,35 o
G5/G9	4,33 efg	5,85 efg	6,44 gh
G6/G7	2,34 r	2,89 q	3,82 p
G6/G8	4,43 def	4,53 m	5,54 l
G6/G9	3,63 lm	4,21 n	5,74 kl
G7/G8	2,86 op	4,87 l	6,68 fg
G7/G9	4,44 cdef	7,08 a	7,27 de
G8/G9	3,87 ijkl	4,17 n	7,11 e
Rata-rata	3,86	5,10	6,29

N0 = 0 kg N/ha, N1=100 kg N/ha, 200 kg N/ha

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Ganda Duncan (UJGD) pada taraf 5%

yang sesuai pada pemupukan N dosis optimal dan rendah. Hasil biji dari persilangan AVLN 122-2/AVLN 124-9 pada pemupukan 0 kg N/ha adalah 4,51 t/ha, lebih tinggi daripada hasil rata-rata seluruh persilangan. Pada pemupukan 200 kg N/ha, hasil biji dari persilangan tersebut adalah 8,52 t/ha, merupakan hasil tertinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Variabel jumlah tongkol panen, berat tongkol panen, hasil biji, dan jumlah biji per baris dikendalikan oleh gen nonaditif, sedangkan kadar air panen, bobot 100 biji, panjang tongkol, dan jumlah baris per tongkol dikendalikan oleh gen aditif. AVLN 118-7 dan AVLN 83-2 merupakan galur yang mempunyai DGU baik untuk variabel hasil biji pada tiga taraf pemupukan. Kedua galur memiliki hasil biji di atas rata-rata total pada tiap taraf pemupukan N.

Persilangan AVLN 83-2/AVLN 124-4, AVLN 83-2/AVLN 32-8, dan AVLN 122-2/AVLN 124-9 memiliki nilai DGK yang baik pada pemupukan N takaran rendah dan optimal. Persilangan tersebut berpotensi sebagai pasangan dalam perakitan jagung hibrida toleran pemupukan N rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Moneam, M.A., M.S. Sultan, S.E. Sadek, and M.S. Shalof. 2014a. Estimation of heterosis and genetic parameters for yield and yield components in maize using the diallel cross method. *Asian Journal of Crop Science* 6(2): 101-111.
- Abdel-Moneam, M.A., M.S. Sultan, S.M.G. Salama, and A.M. El Oraby. 2014b. Evaluation of combining ability and heterosis for yield and its components traits of five maize inbreds under normal and stress nitrogen fertilization. *Asian Journal of Crop Science* 6(2): 142-149.
- Abubakar, A.W., A. A. Manga, A. Y. Kamara, and A. I. Tofa. 2019. Physiological evaluations of maize hybrids under low nitrogen. *Advances in Agriculture*: 1-6.
- Acquaah, G. 2012. *Principles of plant genetics and breeding*. John Wiley & Sons.
- Ajala, S.O., M.O. Olayiwola, O.J. Ilesanmi, M. Gedil, A.O. Job and A. B. Olaniyan. 2019. Assessment of genetic diversity among low-nitrogen-tolerant early generation maize inbred lines using SNP markers. *South African Journal of Plant and Soil*: 1-8.
- Amissah, S, E.A. Osekere, D. Nyadanu, R. Akromah, J.V.K. Afuna, R. Adu Amoah, G.A. Owusu, I.I. Adejumo. 2019. Inheritance and combining ability studies on grain yield and resistance to maize weevil (*Sitophilus zeamais*, Motschulsky) among extra early quality protein maize inbred lines. *Ecological Genetics and Genomics* 12: 100043.
- Annor, B. B. Badu-Apraku, D. Nyadanu, R. Akromah and M.A.B. Fakorede. 2019. Testcross performance and combining ability of early maturing maize inbreds under multiple-stress environments. *Sci. Rep.* 9 (13809): 1-11.
- Azrai, M. 2013. Jagung hibrida genjah: prospek pengembangan menghadapi perubahan iklim. *Ippek Tanaman Pangan* 8(2): 90-96.
- Badu-Apraku, B., R. O. Akinwale, J. Franco, and M. Oyekunle. 2012. Assessment of reliability of secondary traits in selecting for improved grain yield in drought and low-nitrogen environments. *Crop Science* 52(5): 2050-2062.
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Science* 18(4): 533-536.
- Bushai, T.N., and G.M. Lai. 2020. Heterosis, combining ability and their inter-relationship for morphological and quality traits in yellow maize (*Zea mays* L.) single-crosses across environments. *Agrivita Journal of Agricultural Science* 42(1): 174-190.
- Efendi, R., A.T. Makkulawu, dan M. Azrai. 2017. Daya gabung inbrida jagung toleran cekaman kekeringan dan nitrogen rendah pada pembentukan varietas hibrida. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 1(2): 83-96.
- Efendi, R., Suwardi, Syafruddin, dan Zubachtirodin. 2012. Penentuan takaran pupuk nitrogen pada tanaman jagung hibrida berdasarkan klorofil meter dan bagan warna daun. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(1): 27-34.
- Emede, T O, and J E Alike. 2015. Assessment of S2 maize (*Zea mays* L.) selections from high and low nitrogen environments in a low input environment. *Best Journal* 12(3): 83-97.
- 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. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 15(3): 219-229.
- FanJun, C., F. ZenGuo, G. Qiang, YE. YouLiang, J. LiangLiang, Y. LiXing, M. GuoHua and Z. FuSuo. 2013. Evaluation of the Yield and Nitrogen Use Efficiency of the Dominant Maize Hybrids Grown in North and Northeast China. *Science China Life Sciences* 56(6): 552-560.
- Fasahat, P., A. Rajabi, J.M. Rad, and J. Derera. 2016. Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biom. Biostat. Int. J.* 4(1): 1-24.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9(4): 463-493.
- Hallauer, A.R.R., M.J. Carena, J.B.M. Filho, and J.B. Miranda. 2010. *Quantitative genetics in maize*. 6th ed. New York: Springer Science & Business Media.
- Heinz, R., L.P. Ribeiro, M.C. Gonçalves, L.L. Bhering and P.E. Teodoro. 2019. Selection of parents for low nitrogen stress through the combining ability of maize partially inbred lines. *Acta Scientiarum - Agronomy* 41(1): 1-7.
- Herawati, R. Efendi, dan M. Azrai. 2018. Indeks toleransi dan evaluasi karakter seleksi jagung hibrida pada pemupukan nitrogen rendah. *Penelitian Pertanian* 2(3): 173-180.
- Iriany, R. N., S. Sujiprihati, M. Syukur, Jajah Koswara, dan M. Yunus. 2011. Evaluasi daya gabung dan heterosis lima galur jagung manis (*Zea Mays* var. *saccharata*) hasil persilangan dialel. *J. Agron. Indonesia* 39(2): 103-111.
- Kamara, M. M., S. A. Okasha, and Kh. A. M. Ibrahim. 2019. Diallel cross analysis for some white maize inbred lines under two nitrogen levels. *Journal of Plant Production Sciences* 8(1): 1-10.
- Kamara, M.M. 2015. Diallel analysis of some yellow maize inbred line under low and normal nitrogen levels. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 9(2): 32-43.

- Kamara, M.M., I.S. El-Degwy, and H. Koyama. 2014. Estimation combining ability of some maize inbred lines using line $\times$ tester mating design under two nitrogen levels. *Australian Journal of Crop Science* 8(9): 1336-1342.
- Kumawat, K.R., P.C. Gupta, and N.K. Sharma. 2019. Combining ability and gene action studies in pearl millet using line $\times$ tester analysis under arid conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(04): 976-984.
- Lynch, J.P. 2007. Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany* 55(14): 493-512.
- Mageto, E.K., D. Makumbi, K. Njoroge, and R. Nyankanga. 2017. Genetic analysis of early-maturing maize (*zea mays* l.) inbred lines under stress and nonstress conditions. *Journal of Crop Improvement* 31(4): 560-588.
- Mejaya, M.J., M. Azrai, and R.N. Iriany. 2007. Pembentukan varietas unggul jagung bersari bebas. *dalam Jagung, Teknik Produksi dan Pengembangannya*, Jakarta: Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Pangan, p. 55-73.
- Meseka, S.K., A. Menkir, and S. Ajala. 2011. Genetic analysis of performance of maize inbred lines under drought stress. *Journal of Crop Improvement* 25(5): 521-539.
- Noëlle, M.A.H. et al. 2017. Combining ability and gene action of tropical maize (*Zea mays* L.) inbred lines under low and high nitrogen conditions. *Journal of Agricultural Science* 9(4): 222-235.
- Nur, A., R. N. Iriany, dan A.T. Makkulawu. 2013. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter agronomis galur jagung dengan tester MR 14. *Agro Teknos* 3(1): 34-40.
- Ogunniyan, D J, and S.A. Olakojo. 2014. Genetic Variability of Agronomic Traits of Low Nitrogen Tolerant Open- Pollinated Maize Accessions as Parents for Top-Cross Hybrids. *Journal of Agriculture and Sustainability* 6(2): 179-196.
- Pabendon, M.B., M.J. Mejaya, J. Koswara, dan H. Aswidinnoor. 2010. Korelasi jarak genetik berbasis marka mikrosatelit inbrida jagung dengan bobot biji F1. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(1): 11-17.
- Priyanto, S.B., A.T. Makkulawu, dan R.N. Iriany. 2019. Estimasi nilai daya gabung inbrida jagung menggunakan metode Line $\times$ Tester. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 3(2): 83-90.
- Seyyed-Nazari, R., M. Ghadimzadeh, R. Darvishzadeh, and S.R. Alavi. 2016. Diallel analysis for estimation of genetic parameters in oriental tobacco genotypes. *Genetika* 48(1): 125-137.
- Sharma, B.B., V.K. Sharma, M.K. Dhakar, and S. Punetha. 2013. Combining ability and gene action studies for horticultural traits in garden pea: A Review. *African Journal of Agricultural Research* 8(38): 4718-4725.
- Singh, R.K., and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. New Delhi: Kalyani Publisher.
- Sonbai, J.H.H., D. Prajitno, dan A. Syukur. 2013. Pertumbuhan dan hasil jagung pada berbagai pemberian pupuk nitrogen di lahan kering regosol. *Ilmu Pertanian* 16(1): 77-89.
- Syafruddin, M. Azrai, dann Suwarti. 2013. Seleksi genotipe jagung hibrida toleran N rendah. *Prosiding Insinas* 2012: 73-80.

