

Daya Gabung Inbrida Jagung Toleran Cekaman Kekeringan dan Nitrogen Rendah pada Pembentukan Varietas Hibrida

Combining Ability of Drought and Low Nitrogen Tolerance of Maize Inbred Lines for Hybrids Variety Development

Roy Efendi*, Andi Takdir M., dan Muhammad Azrai

Balai Penelitian Tanaman Serealia

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

*E-mail: roysereal@yahoo.com

Naskah diterima 14 Maret 2017, direvisi 28 Juli 2017, disetujui diterbitkan 4 Agustus 2017

ABSTRACT

Low maize grain yield due to drought and low N stresses maybe overcome by growing tolerance hybrid maize varieties. The objectives of this research were to analyze the combining ability of eight inbred lines possessing those traits and indentify suitable parental inbred lines which can be used to develop single cross hybrid tolerant to drought and low nitrogen. Eight inbred lines were crossed using complete diallel cross design of Griffing's- I on Februry to June, 2014. Those inbred lines were 1044-30, DTPYC9-F46-3-9-1-1-B (for drought tolerance), MR 14 (medium drought tolerance), G20133077 (tolerant to low N), CY 11, CLRCY039 (medium tolerant to low N), and CY12 and G2013631 (for drought and low N sensitive). Fifty-six experimental hybrids derived from diallel crosses, eight inbred lines and four commercial hybrid varieties as checks were evaluated under managed drought, low dosage of N fertilization and under optimum condition, during the dry season (July to October) of 2014. Randomized complete block design three replications was used in each different stress condition. The results showed that CY 11, G2013631, and MR 14 inbred lines possessed good general combining ability (GCA) for grain yield under drought, low N, and optimum conditions. These inbred lines also showed good GCA for the secondary traits such as large stem, delayed leaf rolling and late leaf senescence to support for high grain yield under drought stress and low N condition. Inbred lines of drought and low N sensitive such as G2013631, but had high GCA, could be used as parent to develop drought and low N tolerance hybrids if crossed with inbred lines having medium-tolerant to drought or tolerant to low N, such as G20133077, which had low DGU, or CY11 which had high GCA. Hybrid maize tolerant to drought and tolerant to low N, such as CY11 x G20133077, G20133077 x G2013631, and CY 11 x G2013631, produced significantly higher grain yield, over 8 t/ha, under drought and under low N, as compared with hybrid varieties Bima 3 and Bisi 2, which yielded 5.91 and 6.59 t/ha under drought, and 6.82 and 7.01 t/ha under low N condition. Grain yields under optimum condition were positively correlated with those under both drought and low N conditions. The result suggests that it is possible for improving grain yield of hybrid maize, simultaneously for optimum, drought stress and low N conditions.

Keywords: Hybrid maize, combining ability, drought, low nitrogen, tolerance.

ABSTRAK

Salah satu cara menekan penurunan hasil jagung hibrida akibat cekaman kekeringan dan N rendah adalah menanam varietas toleran kekeringan dan N rendah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi daya gabung delapan jagung inbrida (galur) dan mengidentifikasi pasangan tetua yang membentuk jagung hibrida silang tunggal yang toleran cekaman kekeringan dan N rendah. Persilangan dialel lengkap berdasarkan metode *Griffing I* melibatkan genotipe toleran (1044-30, DTPYC9-F46-3-9-1-1-B) dan medium toleran (MR 14) cekaman kekeringan dan galur-galur toleran (G20133077) dan medium toleran (CY 11, CLRCY039) pemupukan N rendah, dan galur peka cekaman kekeringan dan N rendah (CY12, G2013631). Persilangan dilakukan pada Februari-Juni 2014. Evaluasi jagung hibrida hasil persilangan dialel lengkap sebanyak 56 genotipe, empat varietas jagung hibrida sebagai pembandingan dan delapan genotipe pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan normal dilakukan pada Juli-Oktober 2014. Masing-masing set percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan CY 11, G2013631, dan MR 14 memiliki DGU yang baik untuk peubah hasil dan memiliki daya gabung umum (DGU) yang baik untuk karakter diameter batang yang besar, penggulangan daun, dan tingkat penuaan daun. Pembentukan jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah dapat menggunakan kombinasi persilangan tetua peka, namun memiliki DGU yang tinggi, seperti G2013631 yang disilangkan dengan genotipe medium-toleran yang memiliki DGU rendah (G20133077) atau genotipe yang memiliki DGU tinggi (CY11). Hasil jagung hibrida toleran cekaman (G20133077 x CY11, G20133077 x G2013631, dan CY 11 x G2013631) nyata lebih tinggi pada kondisi cekaman kekeringan (8,05-8,85 t/ha) dan N rendah (8,37-10,02 t/ha) dibanding varietas Bisi 2 dan Bima 3 masing-masing hanya memberi hasil 5,91 dan 6,59 t/ha pada kondisi cekaman kekeringan, dan pada pemupukan N rendah masing-masing 6,82 dan 7,01 t/ha. Persilangan resiprokal mengindikasikan genotipe toleran yang digunakan sebagai tetua betina memberikan pengaruh lebih besar dalam pewarisan toleransi cekaman kekeringan dibanding sebagai tetua jantan. Terdapat peluang untuk membentuk jagung hibrida dengan hasil biji tinggi pada kondisi cekaman (kekeringan dan N rendah) dan normal. Korelasi nyata positif antara hasil biji pada kondisi optimum, cekaman kekeringan dan N rendah mengindikasikan terdapat peluang memperoleh varietas jagung hibrida dengan hasil biji tinggi pada kondisi cekaman (kekeringan dan N rendah) dan lingkungan normal.

Kata kunci: Jagung hibrida, cekaman kekeringan, nitrogen rendah, daya gabung.

PENDAHULUAN

Ketersediaan air dan hara N tanah yang rendah merupakan masalah utama dalam budidaya jagung pada lahan kering dan tadah hujan. Hampir 70% areal pertanaman jagung di Indonesia terdapat pada lahan tersebut (Sutoro 2012). Ketersediaan air yang menurun disertai musim kemarau panjang akibat perubahan iklim berdampak terhadap penurunan produksi jagung pada lahan kering dan tadah hujan. Penurunan produksi jagung akibat kekeringan di daerah tropis berkisar antara 50-80% (Monneveux *et al.* 2006, Iriany *et al.* 2007, Efendi dan Azrai 2010, Kebede *et al.* 2013, Suwardi dan Azrai 2013, Adebayo and Menkir 2014).

Kandungan hara N tanah rendah juga menjadi faktor pembatas upaya peningkatan produksi jagung. Menurut Syafruddin *et al.* (2013), sebagian besar lahan pengembangan jagung di Indonesia memiliki kandungan hara N rendah. Pada lahan subur, kandungan N tanah terkuras akibat budi daya yang intensif dan tidak diimbangi dengan pengembalian hara N dari biomas tanaman ke dalam tanah. Kondisi tersebut mengharuskan petani memupuk tanaman jagung dengan N anorganik dan organik.

Varietas unggul jagung hibrida umumnya sangat responsif terhadap pemupukan N karena diseleksi pada kondisi lingkungan N optimal. Hasil penelitian Efendi *et al.* (2012) dan Syafruddin (2015) menunjukkan untuk memperoleh hasil jagung hibrida 11-14 t/ha maka hara N yang diberikan pada tanaman jagung hibrida berkisar 180-250 kg N/ha. Namun petani seringkali memberikan pupuk N dalam jumlah yang kurang, sehingga hasil jagung hibrida menjadi rendah. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya modal untuk membeli pupuk N atau pupuk urea (N) bersubsidi pada musim tanam (musim hujan) langka karena tingginya permintaan.

Salah satu cara menekan penurunan hasil jagung akibat cekaman kekeringan dan dosis pupuk N rendah adalah menanam varietas toleran kekeringan dan adaptif pemupukan N rendah (Bänziger *et al.* 2006; Nyombayire *et al.* 2011; Syafruddin *et al.* 2013; Sayadi *et al.* 2016; Masuka *et al.* 2017). Varietas unggul jagung hibrida toleran kekeringan dan N rendah dapat diperoleh melalui program pemuliaan tanaman (Harrison *et al.* 2014). Pembentukan varietas hibrida dapat dilakukan melalui persilangan dengan metode diallel antara tetua inbrida (galur homosigot) yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan N rendah. Persilangan diallel merupakan metode untuk mengetahui daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) beberapa galur inbrida. DGU merupakan kemampuan bergabung antara satu galur dengan galur lainnya, sedangkan DGK adalah penampilan spesifik kombinasi persilangan dua galur inbrida dibanding keseluruhan persilangan (Lv *et*

al. 2012). Menurut Sutoro dan Setyowati (2015), perakitan varietas unggul jagung hibrida membutuhkan pasangan galur inbrida yang memiliki DGK tinggi dan keunggulan lainnya, seperti toleran cekaman abiotik. Ketersediaan galur-galur yang memiliki daya gabung yang baik serta toleran kekeringan dan adaptif N rendah dalam pemuliaan tanaman memberikan peluang besar memperoleh jagung hibrida toleran dengan produktivitas relatif tinggi pada kondisi tercekam kekeringan dan N rendah (Monneveux *et al.* 2008, Weber *et al.* 2012, Meseka *et al.* 2013a, Meseka *et al.* 2013b, Adebayo and Menkir 2014, Adebayo *et al.* 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi genotipe inbrida jagung yang memiliki DGU dan DGK yang baik untuk membentuk jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian terdiri atas dua tahap. Tahap pertama adalah pembentukan benih jagung hibrida (F1) dengan metode persilangan diallel lengkap. Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Februari-Juni 2014 di Kebun Percobaan (KP) Maros, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Persilangan diallel lengkap sesuai metode *Griffing I* menggunakan delapan galur inbrida toleran kekeringan (DTPYC9-F46-3-9-1-1-B dan 1044-30) dan galur medium toleran kekeringan (MR 14), galur toleran pemupukan N rendah (G20133077), galur medium toleran pemupukan N rendah (CY 11 dan CLRCY039), dan galur peka kekeringan dan pemupukan N rendah (CY12 dan G2013631) (Efendi *et al.* 2015).

Tahap kedua dilaksanakan pada bulan Juli-Oktober 2014 di KP Maros untuk mengevaluasi 56 genotipe jagung hibrida hasil silang diallel ditambah empat varietas hibrida Bima 3, P 27, NK 33 dan Bisi 2 sebagai pembanding dan delapan genotipe inbrida. Percobaan dilakukan pada kondisi cekaman kekeringan, hara N rendah, dan kondisi normal. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan.

Penelitian cekaman kekeringan merujuk metode CIMMYT (Weber *et al.* 2012), yaitu cekaman kekeringan berlangsung pada fase pembungaan sampai tanaman berumur 40 hari setelah tanam (HST). Pada kondisi cekaman kekeringan, pengairan tanaman dilakukan 10 hari sekali. Pengairan terakhir adalah pada saat tanaman berumur 40 HST, sehingga cekaman kekeringan mulai berlangsung 10 hari kemudian, yaitu pada fase tanaman berbunga (50 HST) sampai berumur 80 HST. Pada percobaan kondisi normal, pengairan tanaman dilakukan dengan interval 10 hari sekali, mulai sejak tanam sampai tanaman berumur 80 HST. Pemberian air pada perlakuan sebelum kekeringan dan normal adalah

dengan cara leb hingga jenuh air sesaat dengan ketinggian air ± 5 cm dari permukaan tanah, sehingga terjadi infiltrasi air ke dalam tanah rata-rata 1-2 jam.

Pemupukan pada percobaan kondisi cekaman kekeringan dan normal adalah 200 kg N/ha, 100 kg P/ha dan 75 kg K/ha, sedangkan pada kondisi cekaman N rendah adalah 100 kg N/ha dengan pupuk dasar 100 kg P dan 75 kg K/ha. Interval pemberian air sama dengan percobaan kondisi normal.

Data yang dikumpulkan adalah hasil analisis fisik, kimia, dan lengas tanah pada kedalaman 0–20 cm, 21–40 cm, dan 41–60 cm. Parameter lainnya yang diamati adalah tinggi tanaman, tinggi kedudukan tongkol, diameter batang, umur tanaman berbunga. Interval waktu berbunga berina dan jantan (*anthesis silking interval*, ASI) dihitung berdasarkan selisih umur berbunga betina dengan jantan. Skor penggulungan daun diamati pada kondisi cekaman kekeringan pada pukul 12.00-14.00 menggunakan skor 1-5. Skor 1 berarti daun tidak menggulung, skor 2 daun mulai menggulung, skor 3 daun menggulung dan ujung daun berbentuk V, skor 4 daun menggulung menutupi lidah daun, dan skor 5 daun jagung seperti daun bawang. Persentase penuaan daun diamati pada saat tanaman berumur 70 HST. Hasil biji dikonversi pada saat kadar air 15% dengan rumus:

$$\text{Hasil} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Luas ubinan}} \times \frac{100 - \text{kadar air biji panen}}{100 - 15} \times$$

Bobot tongkol kupasan ubinan x Rendemen biji

$$\text{Rendemen biji} = \frac{\text{Bobot biji}}{\text{Bobot tongkol}}$$

Indeks toleran cekaman (ITC) dihitung berdasarkan peubah hasil dengan rumus Fernandez (1992):

$$\text{ITC} = \frac{Y_{pi} \times Y_{si}}{Y_p^2}$$

Y_{si} = hasil biji genotipe pada kondisi cekaman kekeringan atau N rendah

Y_{pi} = hasil biji genotipe pada kondisi normal,

Y_p = rata-rata hasil biji seluruh genotipe pada kondisi normal.

Kriteria untuk menentukan tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan atau N rendah adalah sebagai berikut:

- Jika nilai $\text{ITC} \leq 0,5$ maka genotipe sangat peka cekaman kekeringan atau N rendah.

- Jika $0,75 \leq \text{ITC} > 0,5$ maka genotipe peka cekaman kekeringan atau N rendah.
- Jika $1,0 \leq \text{ITC} > 0,75$ maka genotipe medium toleran cekaman kekeringan atau N rendah.
- Jika $\text{ITC} > 1,0$ maka genotipe toleran cekaman kekeringan atau N rendah.

Model statistik yang digunakan untuk mengevaluasi DGU dan DGK pada ketiga perlakuan adalah:

$$Y_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + l_k + b(l)_{lk} + gl_{ik} + gl_{jk} + sl_{ijk} + rl_{ijk} + ei_{jkl} \quad (\text{Murtadha et al. 2016})$$

Y_{ijkl} = nilai pengamatan dari setiap unit

μ = nilai rata-rata umum

g_i = pengaruh DGU tetua I

g_j = pengaruh DGU tetua j

s_{ij} = pengaruh DGK F1 antara tetua ij

r_{ij} = pengaruh DGK F1 resiprok antara tetua ij

l_k = pengaruh lokasi k

$b(l)_{lk}$ = pengaruh ulangan l dalam lokasi k

gl_{ik} = pengaruh interaksi DGU x L tetua i pada lokasi k

gl_{jk} = pengaruh interaksi DGU x L tetua j pada lokasi k

sl_{ijk} = pengaruh interaksi DGK x L F1 antara tetua ij pada lokasi k

rl_{ijk} = pengaruh interaksi DGK x L F1 resiprok antara tetua ij pada lokasi k

ei_{jkl} = pengaruh galat

Analisis gabungan untuk mengetahui pengaruh DGK dan DGU pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan normal menggunakan program *The SAS System for Windows 9.1* dengan prosedur PROC SQL1 macro pro (Zhang et al. 2005).

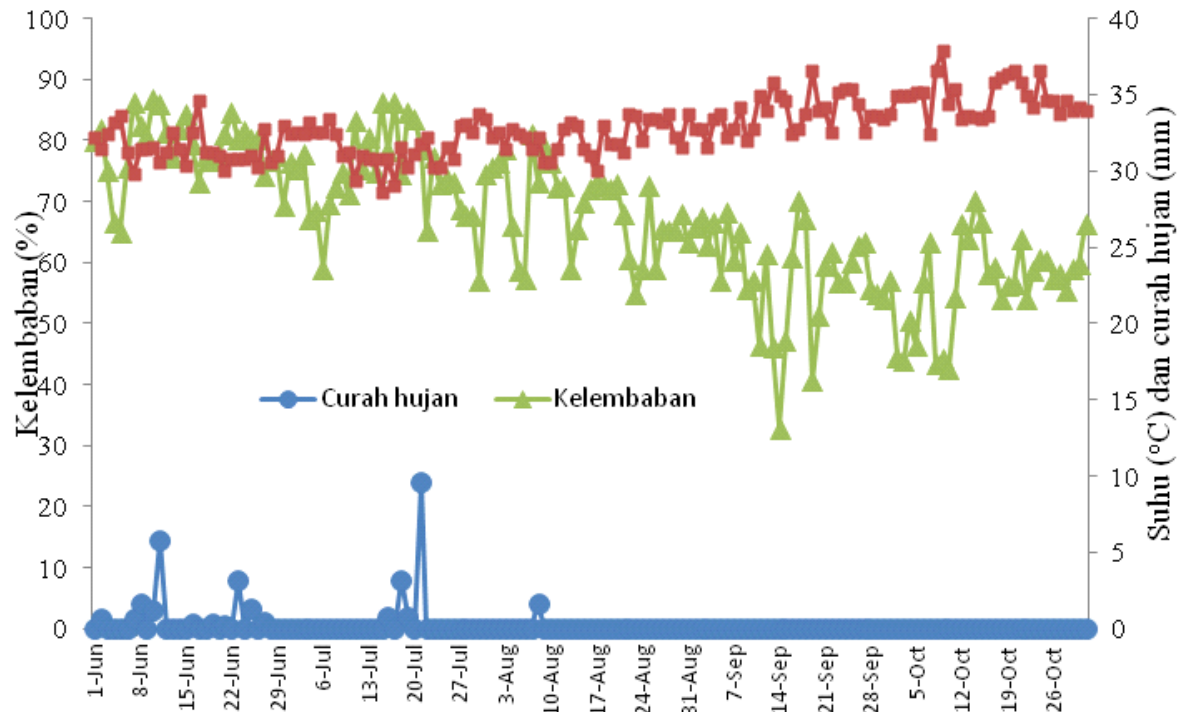
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lahan dan Iklim

Lahan percobaan di KP. Maros merupakan tanah lempung dengan pH tanah agak masam (pH 5,32). Kandungan N sangat rendah yaitu 0,04%, sehingga sangat baik untuk percobaan seleksi pemupukan N rendah. Kandungan fosfor (P) dan kalium (K) tanah tergolong sedang (Tabel 1).

Perlakuan cekaman kekeringan pada saat tanaman berumur 40-80 HST tidak dipengaruhi oleh hujan dengan rata-rata suhu dan kelembaban udara masing-masing berkisar antara 32,3-33,8°C dan 57,9-65,4% (Gambar 1).

Lengas tanah pada saat kapasitas lapang berkisar antara 29-31%, sedangkan pada kondisi cekaman kekeringan menurun menjadi 20,03% pada kedalaman 20 cm, 21,67% pada kedalaman 40 cm, dan 22,24% pada kedalaman 60 cm. Pada kondisi cekaman kekeringan, tanaman jagung telah mengalami gejala daun



Gambar 1. Pola curah hujan, suhu, dan kelembaban udara harian di Maros pada Juni-Oktober 2014.

menggulung dengan skor 2. Tingkat cekaman kekeringan semakin besar pada saat tanaman berumur 80 HST dengan lengas tanah semakin rendah yaitu 14,74% pada kedalaman 20 cm, 15,810% pada kedalaman 40 cm, dan 16,67% pada kedalaman 60 cm (Gambar 2). Pada kondisi tersebut skor penggulangan daun berkisar 2,5-3,5. Penggulangan daun merupakan gejala tanaman yang mengalami cekaman kekeringan karena kehilangan air dalam jumlah lebih besar melalui transpirasi, dibanding adsorpsi air oleh akar (Kadioglu and Terzi 2007, Efendi and Azrai 2012, Saglam *et al.* 2014).

Daya Gabung Umum

Analisis ragam menunjukkan hasil biji jagung berbeda nyata antargenotipe jagung hibrida, sehingga dapat dihitung nilai daya gabung tetuanya. Daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) setiap genotipe berbeda nyata untuk peubah hasil biji, tinggi tanaman, diameter batang, penggulangan daun, persentase penuaan daun, dan ASI (Tabel 2). Hal tersebut menunjukkan terdapat galur yang memiliki DGU dan DGK yang lebih baik dibanding galur lainnya.

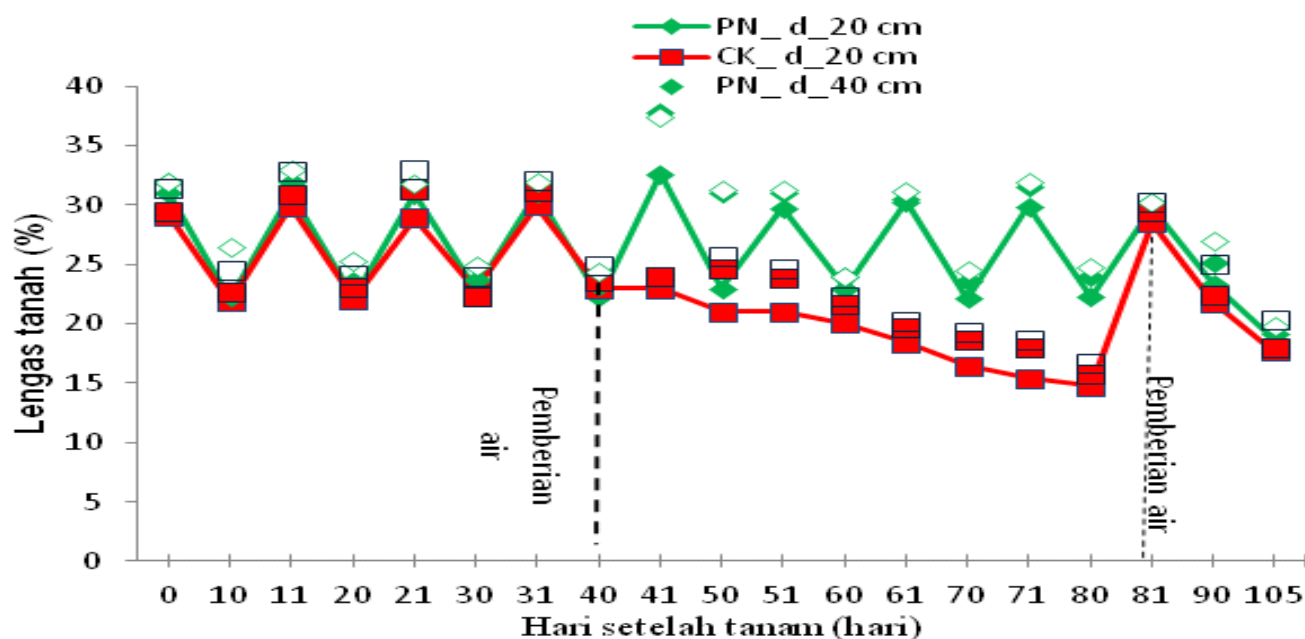
Interaksi antara DGU pada kondisi cekaman tidak nyata. Genotipe yang memiliki DGU tinggi pada kondisi normal cenderung tinggi pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah dibanding genotipe yang

Tabel 1. Analisis fisik dan kimia tanah sebelum percobaan. KP Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Parameter	Nilai	Penetapan
Tekstur		Tanah berlempung
Liat (%)	34	
Debu (%)	25,76	
Pasir (%)	40,13	
pH - Air (1:2,5)	6,28	
- KCl (1:2,5)	5,32	Agak masam
C- Organik (%)	0,23	Sangat rendah
Nitrogen Total (%)	0,04	Sangat rendah
P Bray 1 (ppm)	17,4	Rendah
Kation dapat ditukar (me/100 g)		
K	0,42	Sedang
Ca	10,75	Sedang
Mg	5,58	Tinggi
Na	0,24	rendah
Al-dd (me/100 g)	0,00	Sangat rendah
KTK (me/100 g)	14,14	Rendah

memiliki DGU rendah pada kondisi normal. Hal ini mengindikasikan seleksi genotipe yang memiliki DGU tinggi pada kondisi normal dapat digunakan sebagai tetua hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah.

Genotipe memiliki nilai DGU baik memiliki kemampuan bergabung yang baik dengan genotipe lainnya untuk membentuk jagung hibrida unggul. DGU



Gambar 2. Dinamika lengas tanah percobaan pada kondisi optimum dan tercekam kekeringan. KP Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Tabel 2. Nilai kuadrat tengah daya gabung delapan genotipe jagung hibrida untuk beberapa variabel dan interaksinya pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Sumber keragaman	Nilai kuadrat tengah						
	db	Hasil	Tinggi tanaman	Diameter batang	Skor penggulungan daun	Persentase penuaan daun	ASI
Kondisi cekaman (KC)	2	281,24 **	16641,58 **	165,10 **	46,75 **	67958,04 **	29,12 **
Ulangan /KC	6	9,39	5109,86	10,08	0,33	1400,81	0,72
Hibrida (H)	63	28,00 **	4310,69 **	18,45 **	0,14 **	80,72 **	4,07 **
DGU	7	43,54 **	10935,47 **	98,20 **	0,40 **	269,68 **	16,89 **
DGK	28	47,87 **	6529,25 **	9,81 **	0,16 **	86,16 **	3,14 **
Res	28	4,25 **	435,93 **	7,15 **	0,05 tn	28,03 tn	1,80 **
KC*H	126	0,92 tn	111,84 tn	1,24 tn	0,14 **	46,04 **	1,00 **
DGU*KC	14	0,84 tn	77,06 tn	1,07 tn	0,40 **	155,75 **	1,48 **
DGK*KC	56	0,95 tn	125,97 tn	1,04 tn	0,16 **	36,86 tn	0,90 **
Res*KC	56	0,90 tn	106,40 tn	1,50 tn	0,05 tn	27,80 tn	0,79 tn
Galat	378	0,82	159,27	2,08	0,03	30,83	0,38
Total	575						
KK (%)		12,34	6,10	6,22	13,85	5,55	46,08
rata-rata		12,78	272,80	29,46	4,00	78,57	4,00
Maximum		0,93	127,25	16,29	1,00	2,99	0,00
Minimum		7,33	213,10	23,15	1,85	32,08	1,34

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1% ($P < 0,01$), * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5% ($P < 0,05$), tn = tidak berpengaruh nyata, ASI = interval waktu berbunga betina dengan jantan, DGU = daya gabung umum, DGK = daya gabung khusus, Res = resiprokal, KK = koefisien keragaman

yang baik untuk peubah hasil biji adalah yang memiliki nilai besar. Hasil analisis daya gabung menunjukkan galur CY 11, G201363, dan MR 14 memiliki nilai DGU yang nyata lebih besar untuk peubah hasil pada kondisi cekaman

kekeringan, masing-masing 0,72, 0,56, dan 0,23; pada kondisi pemupukan N rendah masing-masing 0,77, 0,69 dan 0,37, dan pada kondisi normal masing-masing 0,94, 0,92, dan 0,42 (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai daya gabung umum delapan genotipe jagung hibrida untuk peubah hasil biji, tinggi tanaman, dan diameter batang pada kondisi cekaman kekeringan (CK), N rendah (PNR), dan normal (Nor). Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Kode	Genotipe	Nilai daya gabung umum								
		Hasil			Tinggi tanaman			Diameter batang		
		CK	PNR	Nor	CK	PNR	Nor	CK	PNR	Nor
A	1044-30	-0,30 *	-0,37 *	-0,54 **	0,62	0,01	2,10	-0,24	-0,12	-0,50
B	DTPYC9-F46-3-9-1-1-B	-0,64 **	-0,62 **	-0,62 **	-13,80 **	-14,74 **	-15,45 **	-1,41 **	-1,30 **	-1,17 **
C	G20133077	-0,33 *	-0,21	-0,38 *	-4,04	-0,84	-1,63	-0,31	-0,29	-0,48
D	CY11	0,72 **	0,77 **	0,94 **	0,27	-2,89	-2,93	0,11	-0,23	-0,02
E	G2013631	0,56 **	0,69 **	0,92 **	10,23 **	9,41 **	10,19 **	0,92 **	1,18 **	1,15 **
F	CY12	0,02	-0,25	-0,34	13,83 **	13,83 **	13,67 **	-0,09	-0,22	0,03
G	MR14	0,23 *	0,37 *	0,42 **	-3,98	-0,71	-1,88	1,29 **	1,24 **	1,31 **
H	CLRCY039	-0,27 *	-0,39 *	-0,41 **	-3,13	-4,07	-4,06	-0,27	-0,25	-0,31

** = berbeda nyata berdasarkan uji *Critical Difference* pada taraf 1% ($P < 0,01$) dan * = berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$)

DGU yang baik genotipe CY 11, G201363, dan MR 14 dapat dilihat dari rata-rata hasil hibridanya. Pada kondisi cekaman kekeringan, hasil biji jagung hibrida yang salah satu tetuanya CY 11, G201363, dan MR 14 masing-masing 7,35, 7,36, dan 6,76 t/ha. Pada kondisi pemupukan N rendah hasil jagung hibrida masing-masing 8,49; 8,44; dan 7,91 t/ha. Pada kondisi normal, hasil jagung hibrida masing-masing 10,26; 10,23; dan 9,39 t/ha. Angka ini lebih tinggi dibanding rata-rata hasil jagung hibrida yang salah satu tetuanya 1044-30, CY12, DTPYC9-F46-3-9-1-1-B, G20133077, dan CLRCY039 dengan hasil pada kondisi cekaman kekeringan berkisar antara 6,03-6,56 t/ha, pada kondisi pemupukan N rendah hanya 7,05-7,68 t/ha, dan pada kondisi normal 8,28-9,15 t/ha (Tabel 5).

Daya hasil jagung merupakan karakter kompleks yang dikendalikan oleh banyak gen atau karakter yang saling berinteraksi yang ekspresinya sangat dipengaruhi oleh lingkungan (Mhike *et al.* 2012). Karakter-karakter yang nyata mempengaruhi melalui hasil jagung pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan optimum dapat diketahui melalui analisis korelasi. Analisis korelasi menunjukkan karakter yang berkorelasi nyata dengan hasil pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah adalah tinggi tanaman, diameter batang, ASI, persentase penuaan dan penggulangan daun (Tabel 7). Tidak satupun genotipe jagung hibrida yang memiliki DGU yang baik untuk mewariskan seluruh karakter yang berkorelasi nyata dengan hasil pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah, seperti tinggi tanaman, diameter batang, ASI, persentase penuaan dan penggulangan daun.

Genotipe CY 11 hanya memiliki DGU yang baik untuk karakter penggulangan daun dan laju penuaan daun. Nilai DGU umum yang baik untuk karakter tersebut bernilai rendah. Nilai DGU genotipe CY 11 nyata lebih rendah untuk peubah penggulangan, yaitu dengan skor

-0,17 pada kondisi cekaman kekeringan dan persentase penuaan daun, yaitu dengan skor -3,80 pada kondisi cekaman kekeringan dan -1,60 pada kondisi N rendah (Tabel 4). Analisis korelasi menunjukkan skor penggulangan daun berkorelasi nyata negatif ($r = -0,36$) pada kondisi cekaman kekeringan. Karakter penuaan daun juga berkorelasi nyata negatif dengan hasil biji pada kondisi cekaman kekeringan ($r = -0,36$) dan N rendah ($r = -0,29$) (Tabel 7). Nilai koefisien korelasi yang nyata negatif menunjukkan jagung hibrida yang memiliki skor penggulangan daun dan tingkat penuaan daun rendah memiliki peluang yang lebih besar memperoleh hasil yang tinggi pada kondisi cekaman kekeringan atau N rendah. Beberapa hasil penelitian menunjukkan genotipe jagung yang lebih lambat mengalami penggulangan daun (skor penggulangan daun rendah) dan mampu menekan laju penuaan daun memberikan hasil yang lebih tinggi dibanding genotipe yang mengalami penggulangan daun lebih awal dan laju penuaan daun yang lebih besar (Monneveux *et al.* 2006, Kadioglu and Terzi 2007, Efendi dan Azrai 2010, Lu *et al.* 2011, Saglam *et al.* 2014). Hal ini menunjukkan karakter skor penggulangan daun, ASI, dan persentase penuaan daun nyata mempengaruhi tingkat hasil jagung hibrida pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah. Oleh karena itu, dalam pembentukan jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah perlu menggunakan genotipe yang mampu mewariskan karakter tersebut.

Nilai DGU genotipe CY 11 nyata lebih rendah pada peubah penggulangan daun dan penuaan daun. Hal ini menunjukkan galur CY 11 memiliki kemampuan untuk bergabung dengan genotipe lainnya dalam pembentukan jagung hibrida yang lambat mengalami penggulangan dan menekan laju penuaan daun pada kondisi cekaman kekeringan atau N rendah. Dengan demikian, genotipe CY 11 dapat mewariskan karakter

Tabel 4. Nilai daya gabung umum delapan genotipe jagung hibrida untuk peubah penggulangan daun, interval waktu berbunga betina dengan jantan (ASI), dan penuaan daun pada kondisi cekaman kekeringan (CK), N rendah (PNR), dan normal (Nor). Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Jagung inbrida	Nilai daya gabung umum pada variabel								
	Skor penggulangan daun			ASI			Penuaan		
	CK	PNR	Nor	CK	PNR	Nor	CK	PNR	Nor
1044-30	0,11	-	-	-0,08	0,21 *	0,36 **	5,00 **	-0,04	-0,01
DTPYC9-F46-3-9-1-1-B	0,00	-	-	-0,50 **	-0,60 **	-0,61 **	-0,43	-1,97 *	-0,99
G20133077	0,12 *	-	-	-0,46 **	-0,24 *	-0,03	2,92 **	1,23	-0,01
CY11	-0,17 **	-	-	0,06	-0,14	-0,01	-3,80 **	-1,60 *	-0,81
G2013631	-0,03	-	-	0,02	-0,04	-0,26 **	-1,41	-1,41	-0,98
CY12	0,27 **	-	-	0,73 **	0,73 **	0,32 **	-1,78	2,90 **	1,19
MR14	-0,13 *	-	-	-0,04	-0,16	0,11	1,62	0,51	0,37
CLRCY039	-0,18 **	-	-	0,27 **	0,23 *	0,11	-2,12 *	0,39	1,23

** = berbeda nyata berdasarkan uji *Critical Difference* pada taraf 1% ($P < 0,01$) dan * = berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$)

Tabel 5. Hasil biji, tinggi tanaman, diameter batang beberapa genotipe jagung hibrida pada kondisi cekaman kekeringan (CK), N rendah (PNR) dan normal. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Nama inbrida	Hasil biji (t/ha)				Tinggi tanaman (cm)				Diameter batang (mm)			
	CK	PNR	Normal	Rata-rata	CK	PNR	Normal	Rata-rata	CK	PNR	Normal	Rata-rata
1044_30	6,56	7,35	8,93	7,61	208,42	220,76	229,36	219,51	22,23	23,20	23,76	23,06
DTPYC9-F46-3-9-1-1-B	6,03	7,16	8,71	7,30	197,94	209,50	214,93	207,46	20,93	21,93	23,17	22,01
G20133077	6,49	7,68	9,15	7,77	208,20	224,49	231,52	221,40	22,37	23,30	24,01	23,23
CY11	7,35	8,49	10,26	8,70	206,82	217,17	220,29	214,76	22,38	23,03	24,07	23,16
G2013631	7,36	8,44	10,23	8,68	216,17	228,72	235,16	226,68	23,30	24,47	25,39	24,39
CY12	6,19	7,05	8,28	7,56	218,90	233,05	239,06	230,34	22,52	23,07	24,26	23,28
MR14	6,76	7,91	9,39	8,02	204,66	217,43	223,35	215,15	23,37	24,30	25,24	24,30
CLRCY039	6,46	7,36	8,93	7,58	207,80	219,94	226,07	217,94	22,19	23,15	24,13	23,15

tanaman yang lambat mengalami penggulangan daun (kelayuan) dan mampu menekan laju penuaan daun pada kondisi cekaman kekeringan. Skor penggulangan daun jagung hibrida yang salah satu tetuanya galur CY 11 rata-rata 1,7 atau lebih rendah dibanding genotipe yang salah satu tetuanya CY 12 dengan skor penggulangan daun 2,05. Tingkat penuaan daun jagung hibrida yang salah satu tetuanya CY 11 juga cukup rendah, rata-rata 49,09% pada kondisi cekaman kekeringan dan 25,78% dibanding jagung hibrida yang salah satu tetuanya CY 12 dengan tingkat penuaan daun lebih besar, rata-rata 51,45% pada kondisi cekaman kekeringan dan 28,27% pada kondisi N rendah (Tabel 6).

Genotipe G201363 dan MR 14 yang memiliki DGU yang baik untuk karakter hasil biji juga nyata lebih baik untuk karakter diameter batang pada kondisi cekaman kekeringan dengan nilai DGU masing-masing 0,92 dan 1,29 dan pada kondisi N rendah masing-masing 1,18 dan 1,24 (Tabel 3). Analisis korelasi menunjukkan diameter batang berkorelasi positif nyata dengan hasil pada kondisi cekaman kekeringan ($r = 0,37$) dan N rendah ($r = 0,33$)

(Tabel 7). Hal ini menunjukkan jagung hibrida yang memiliki diameter batang yang semakin besar maka semakin besar juga peluang untuk memperoleh hasil yang tinggi pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah. Beberapa hasil penelitian menunjukkan diameter batang berkorelasi positif terhadap produktivitas jagung hibrida pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah (Abdelmula and Sabiel 2007, Lu *et al.* 2011). Chen *et al.* (2014) menyatakan diameter batang merupakan organ tempat penyimpanan asimilat. Pada kondisi cekaman kekeringan air dan N tanah, tanaman akan meremobilisasi N dari batang ke organ sink (biji) sampai 45% dari seluruh remobilisasi N dari organ tanaman jagung. Genotipe yang memiliki diameter batang besar diindikasikan memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibanding genotipe yang memiliki diameter batang lebih kecil.

Genotipe G201363 dan MR 14 memiliki DGU yang baik untuk karakter diameter batang. Hal tersebut dapat dilihat dari diameter batang jagung hibrida yang salah satu tetuanya adalah G201363 dan MR 14 yang memiliki

Tabel 6. Skor penggulungan daun (SPD), interval waktu berbunga betina dengan jantan (ASI), dan persentase penuaan daun delapan genotipe jagung inbrida pada kondisi cekaman kekeringan (CK), N rendah (PNR) dan normal (Nor). Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Nama inbrida	SPD (skor)		ASI (hari)				Tingkat penuaan daun (%)			
	CK	PNR dan Nor.	CK	PNR	Nor.	Rata-rata	CK	PNR	Nor.	Rata-rata
1044-30	1,83	1,00	1,57	1,60	1,26	1,48	56,54	28,21	17,16	33,97
DTPYC9-F46-3-9-1-1-B	1,86	1,00	1,36	1,00	0,33	0,90	54,60	26,68	15,55	32,28
G20133077	1,87	1,00	1,38	1,36	0,95	1,23	55,87	27,27	18,08	33,74
CY11	1,70	1,00	1,79	1,33	1,02	1,38	46,09	25,78	15,45	30,11
G2013631	1,76	1,00	1,40	1,26	0,50	1,06	51,64	26,23	14,91	30,93
CY12	2,05	1,00	2,60	2,24	1,26	2,03	51,45	28,27	19,25	32,99
MR14	1,63	1,00	1,62	1,36	0,88	1,29	51,03	26,78	15,52	31,11
CLRCY039	1,67	1,00	1,69	1,62	0,93	1,41	50,40	26,62	17,33	32,00

diameter batang berkisar 23,30-23,37 mm pada kondisi cekaman kekeringan dan 24,30-24,47 mm pada kondisi cekaman N rendah, lebih besar dibanding jagung hibrida dengan tetua dari genotipe lainnya (Tabel 5).

Genotipe G201363 selain dapat mewariskan karakter diameter batang yang besar juga mampu mewariskan karakter tanaman yang tinggi. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai DGU untuk peubah tinggi tanaman yaitu 10,23 pada kondisi cekaman kekeringan dan 9,41 pada kondisi cekaman N rendah (Tabel 3). Tinggi tanaman jagung hibrida yang salah satu tetuanya galur G201363 rata-rata 216,17 cm pada kondisi cekaman kekeringan dan 228,72 cm pada kondisi N rendah. Genotipe jagung toleran cekaman kekeringan dicirikan oleh kemampuan mempertahankan jumlah biomas yang tinggi pada kondisi cekaman kekeringan dan pemupukan N rendah (Cairns *et al.* 2012). Ciampitti and Vyn (2012) dan Lynch (2013) juga menyatakan bahwa kemampuan tanaman mempertahankan biomas tanaman yang besar pada kondisi cekaman kekeringan umumnya didukung oleh pertumbuhan akar vertikal secara ekstensif sehingga dapat mengabsorpsi air dan hara pada lapisan tanah yang lebih dalam. Tinggi tanaman dan diameter batang yang cukup besar merupakan gambaran kemampuan tanaman mempertahankan biomas yang cukup besar pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah (Cairns *et al.* 2012).

Daya Gabung Khusus

Pasangan genotipe yang memiliki nilai DGK yang nyata positif pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan kondisi normal adalah pasangan 1044-30 x CY11, 1044-30 x G2013631, 1044-30 x CY12, G20133077 x CY11, G20133077 x G2013631, dan CY 11 x G2013631 (Tabel 8). Hibrida yang toleran pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah ditunjukkan oleh pasangan genotipe

Tabel 7. Koefisien korelasi beberapa karakter jagung hibrida terhadap hasil biji. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Karakter	Koefisien korelasi dengan hasil biji		
	Cekaman kekeringan	Pemupukan N rendah	Normal
Tinggi tanaman	0,57 **	0,34 *	0,29 *
Tinggi kedudukan tongkol	0,27	0,24	0,22
Diameter batang	0,37 *	0,33 *	0,23
Tebal daun	0,11	-0,07	-0,26
Sudut daun	-0,14	-0,12	-0,03
Bentuk daun	-0,21	0,06	0,07
Jumlah malai	0,24	0,25	0,26
ASI	-0,38 **	-0,07	-0,19
Persentase penuaan daun	-0,36 **	-0,29 *	-0,09
Skor penggulungan daun	-0,48 **	-	-

*berkorelasi nyata pada $\alpha=0,05$,

**berkorelasi sangat nyata pada $\alpha=0,01$.

Jumlah sampel yang dianalisis korelasi (n) adalah 60 genotipe jagung hibrida

G20133077 x CY11, G20133077 x G2013631, dan CY 11 x G2013631. Resiprokal pasangan genotipe CY 11 x G2013631 memiliki daya hasil 8,05-8,85 t/ha pada kondisi cekaman kekeringan (Tabel 10) dan pada kondisi pemupukan N rendah berkisar antara 8,37-10,02 t/ha (Tabel 11). Hasil genotipe tersebut nyata lebih tinggi dibanding varietas Bisi 2 dan Bima 3 yang masing-masing hanya menghasilkan 5,91 dan 6,59 t/ha pada kondisi cekaman kekeringan (Tabel 10) serta 6,82 dan 7,01 t/ha pada kondisi N rendah (Tabel 11).

Genotipe jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah seperti G20133077 x CY11, G20133077 x G2013631, dan CY 11 x G2013631 merupakan kombinasi persilangan yang salah satu tetuanya memiliki DGU yang baik seperti CY 11 dan G201363 yang disilangkan dengan galur yang memiliki DGU rendah, seperti G20133077 atau persilangan antartetua yang sama-sama memiliki DGU tinggi, seperti CY 11 dengan G2013631 (Tabel 3). Berdasarkan tingkat

Tabel 8. Nilai daya gabung khusus pasangan inbrida dan resiprokalnya untuk peubah hasil biji pada kondisi cekaman kekeringan (CK), N rendah (PNR), kondisi normal (Nor), dan gabungan kondisi (Gab). Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Hibrida	Daya gabung khusus				Resiprokala			
	CK	PNR	Nor	Gab	CK	PNR	Nor	Gab
A x B	0,44	0,21	0,14	0,26	0,42	0,87	0,03	0,44
A x C	-0,70	-1,24	-1,72	-1,22	-2,15 **	-2,00 **	-2,25 **	-2,13 **
A x D	1,03 **	1,00 **	1,17 **	1,06 **	-0,43	-0,02	0,03	-0,14
A x E	0,81 *	0,88 *	1,02 **	0,90 **	-0,05	0,02	-0,13	-0,06
A x F	0,84 *	0,78 *	1,05 **	0,89 *	0,02	-0,13	-0,07	-0,06
A x G	0,62	0,64	0,89 *	0,72 *	-0,37	0,02	-0,20	-0,18
A x H	0,93 **	0,50	-0,32	0,37	0,93 *	0,50	-0,32	0,37
B x C	0,22	0,55	0,20	0,32	0,00	0,43	1,02 **	0,48
B x D	-0,37	-0,61	0,12	-0,29	-0,07	-0,12	0,57	0,13
B x E	0,53	0,95 **	0,98 **	0,82 *	0,37	0,03	0,17	0,19
B x F	0,38	0,80 *	1,02 **	0,73 *	-0,35	0,20	-0,22	-0,12
B x G	-0,28	0,23	0,74	0,23	0,33	-1,02	0,00	-0,23
B x H	0,40	0,25	0,13	0,26	0,40	0,25	0,13	0,26
C x D	1,19 **	1,40 **	1,23 **	1,27 **	0,50	0,28	0,52	0,43
C x E	1,12 **	0,90 *	1,28 **	1,10 **	0,50	-0,20	0,82 *	0,37
C x F	0,66	0,73	1,34 **	0,91 **	0,37	0,77 *	0,12	0,40
C x G	0,65	1,09 **	0,90 **	0,88 *	-0,37	-0,50	0,27	-0,20
C x H	0,45	-0,08	0,65	0,34	-0,45	-0,08	0,65	0,04
D x E	1,18 **	1,04 **	0,99 **	1,07 **	0,18	-0,35	0,75 *	0,19
D x F	0,28	0,83 *	1,15 **	0,76 *	-0,18	0,10	-0,45	-0,18
D x G	-0,06	0,43	0,38	0,25	0,22	-1,15	-0,67	-0,53
D x H	0,60	0,10	0,10	0,27	0,60	0,10	0,10	0,27
E x F	0,47	0,13	-0,08	0,17	-0,20	-0,32	-0,03	-0,18
E x G	0,17	0,08	0,50	0,25	-0,42	-0,78 **	0,23	-0,32
E x H	-0,17	0,58	0,71	0,38	-0,17	0,58	0,72	0,38
F x G	0,74 *	0,01	-0,28	0,16	0,12	0,07	-0,30	-0,04
F x H	-0,02	0,03	-0,38	-0,12	-0,02	0,03	-0,38	-0,12
G x H	0,20	-0,13	-0,1	-0,01	0,20	-0,13	-0,10	-0,01

** = berbeda nyata berdasarkan uji *Critical Difference* pada taraf 1% ($P < 0,01$)

* = berbeda nyata pada taraf 5% ($P < 0,05$)

A = 1044-30, B = DTPYC9-F46-3-9-1-1-B, C = G20133077, D = CY11, E = G2013631, F = CY12, G = MR14, dan H = CLRCY039

toleransinya pada penelitian sebelumnya diketahui CY 11 dan G20133077 merupakan genotipe medium toleran dan toleran cekaman N rendah, sedangkan G2013631 adalah genotipe peka cekaman kekeringan maupun N rendah (Efendi *et al.* 2015). Hal tersebut menunjukkan bahwa untuk membentuk jagung hibrida toleran cekaman kekeringan atau N rendah dapat menggunakan genotipe yang peka cekaman kekeringan atau N rendah namun memiliki DGU yang baik untuk disilangkan dengan toleran cekaman kekeringan atau N rendah.

Genotipe yang peka cekaman kekeringan atau N rendah seperti G2013631 namun memiliki DGU baik diduga memiliki banyak alel dominan yang dapat bergabung dan berinteraksi positif atau memiliki gen-gen yang dapat menutupi gen yang merugikan pada tetua pasangannya sehingga mempengaruhi performa hibridanya (F1) menjadi lebih baik dengan produktivitas tinggi pada kondisi cekaman kekeringan atau N rendah. Ertiro *et al.* (2017) menyatakan kombinasi persilangan antara dua tetua yang memiliki DGU tinggi dan rendah menunjukkan adanya interaksi antara gen aditif dan

dominan. Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan genotipe yang memiliki DGU yang baik berpeluang besar memiliki kombinasi persilangan dengan galur lainnya untuk membentuk jagung hibrida unggul (Makumbi *et al.* 2011, El-Badawy 2013, Rifianto *et al.* 2013, Yustiana *et al.* 2013, Adebayo *et al.* 2014). Sutoro and Setyowati (2015) menyarankan penggunaan genotipe yang memiliki DGU yang baik dalam perakitan jagung hibrida dengan hasil tinggi pada cekaman kekeringan dan N rendah.

Analisis korelasi nilai DGU dan DGK untuk peubah hasil biji pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah dan normal menunjukkan koefisien korelasi yang sangat nyata (Tabel 9). Hal tersebut memperjelas genotipe yang peka namun memiliki DGU yang baik pada kondisi normal dapat digunakan sebagai tetua untuk pembentukan jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah. Hal yang sama juga untuk korelasi DGK yang sangat nyata pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan normal. Hal ini menunjukkan genotipe jagung hibrida dengan hasil yang tinggi pada

Tabel 9. Korelasi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) peubah hasil biji, tinggi tanaman, diameter batang, interval waktu berbunga betina dan jantan serta penuaan daun. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Korelasi antarkondisi	Nilai koefisien korelasi DGU					Nilai koefisien korelasi DGK
	Hasil biji	Tinggi tanaman	Diameter batang	ASI	Penuaan daun	Hasil biji
N rendah vs kekeringan	0,966 **	0,968 **	0,976 **	0,907 **	0,212	0,769 **
Normal vs kekeringan	0,956 **	0,977 **	0,976 **	0,626 *	0,037	0,657 **
Normal vs N rendah	0,991 **	0,994 **	0,968 **	0,804 *	0,847 **	0,776 **

*berkorelasi nyata pada $\alpha=0,05$, **berkorelasi sangat nyata pada $\alpha=0,01$.

Tabel 10. Hasil biji beberapa genotipe jagung hibrida dari kombinasi persilangan dengan metode diallel pada kondisi cekaman kekeringan. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Hibrida (H)			Hibrida resiprokal (HR)			Selisih hasil H-HR (t/ha)
Persilangan	Kriteria toleransi	Hasil (t/ha)	Persilangan	Kriteria toleransi	Hasil (t/ha)	
A x B	P	6,13	B x A	SP	5,29	0,84
A x C	MT	7,05	C x A	SP	4,26	2,79 **
A x D	MT	7,21	D x A	MT	8,10 cd	-0,89
A x E	MT	7,24	E x A	MT	7,30	-0,06
A x F	P	6,82	F x A	P	6,74	0,08
A x G	P	6,38	G x A	MT	7,14	-0,76
A x H	MT	7,03	H x A	SP	5,15	1,88 *
B x C	SP	5,44	C x B	SP	5,47	-0,03
B x D	P	5,87	D x B	P	6,03	-0,16
B x E	P	7,00	E x B	P	6,30	0,70
B x F	P	5,62	F x B	P	6,34	-0,72
B x G	P	5,87	G x B	SP	5,20	0,67
B x H	P	6,70	H x B	P	5,90	0,80
C x D	T	8,29 cd	D x C	MT	7,32	0,97
C x E	T	8,05 cd	E x C	MT	7,06	0,99
C x F	P	6,93	F x C	P	6,19	0,74
C x G	P	6,39	G x C	P	7,10	-0,71
C x H	P	5,22	H x C	P	6,12	-0,90
D x E	T	8,85 cd	E x D	T	8,48 cd	0,37
D x F	MT	7,07	F x D	MT	7,42 d	-0,35
D x G	MT	7,32	G x D	P	6,89	0,43
D x H	MT	7,62 d	H x D	P	6,42	1,20
E x F	MT	7,06	F x E	MT	7,45 d	-0,39
E x G	P	6,78	G x E	MT	7,61	-0,83
E x H	P	6,77	H x E	MT	7,06	-0,29
F x G	MT	7,31	G x F	MT	7,09	0,22
F x H	P	6,50	H x F	P	6,50	0,00
G x H	P	6,95	H x G	P	6,55	0,40
Pembanding						
P27 (a)	T	8,61				
NK33 (b)	T	8,38				
BIMA 3 (c)	P	6,59				
BISI 2 (d)	P	5,91				
Rat-rata						
BNT		6,76				
KK		1,52				
		14,01				

A=1044_30, B=DTPYC9_F46_3_9_1_1_B, C = G20133077, D=CY11, E=G2013631, F= CY12, G=MR14, H = CLRCY039

** Pengaruh resiprokal sangat nyata, dan * Pengaruh resiprokal nyata

SP = sangat peka, P = peka, MT = medium toleran, dan T = toleran

Nilai hasil biji (t/ha) yang diikuti oleh huruf c atau d nyata lebih tinggi dibanding varietas Bima 3 dan Bisi 2

kondisi normal cenderung memberikan hasil yang tinggi pula pada kondisi cekaman kekeringan maupun N rendah, dibanding genotipe dengan hasil rendah pada kondisi normal. Hal ini mengindikasikan adanya peluang untuk membentuk jagung hibrida dengan hasil tinggi pada kondisi normal dan pada kondisi cekaman kekeringan atau N rendah. Beberapa hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan hal yang sama bahwa terdapat peluang besar untuk memperoleh jagung hibrida dengan hasil tinggi pada kondisi normal maupun cekaman kekeringan atau N rendah (Umar *et al.* 2014, Ertiro *et al.* 2017, Noëlle *et al.* 2017).

Pengaruh Persilangan Resiprokal

Analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata antara hibrida dan resiprokalnya untuk peubah hasil, tinggi tanaman, diameter batang, dan ASI (Tabel 2). Pengaruh nyata antara hibrida dan resiprokalnya mengindikasikan pasangan tetua jantan dan betina dengan penampilan yang baik belum tentu sama dengan persilangan resiprokalnya, karena adanya pengaruh efek maternal, dimana pengaruh tetua betina memiliki pengaruh yang lebih besar dibanding tetua jantan dalam turunan sifat tertentu.

Tabel 11. Hasil biji beberapa genotipe jagung hibrida dari kombinasi persilangan dengan metode diallel pada kondisi cekaman pemupukan nitrogen rendah. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Hibrida (H)			Hibrida resiprokal (HR)			Selisih hasil H-HR (t/ha)
Persilangan	Kriteria toleransi	Hasil (t/ha)	Persilangan	Kriteria toleransi	Hasil (t/ha)	
A x B	P	7,25	B x A	SP	5,50	1,75
A x C	SP	4,97	C x A	MT	7,38	-2,41
A x D	MT	8,56 cd	D x A	MT	8,59 cd	-0,03
A x E	MT	8,38 d	E x A	MT	8,39 cd	-0,01
A x F	P	7,17	F x A	MT	7,44	-0,27
A x G	MT	7,83	G x A	MT	7,76	0,07
A x H	P	7,37	H x A	P	6,34	1,03
B x C	P	7,33	C x B	P	6,46	0,87
B x D	P	6,62	D x B	P	6,85	-0,23
B x E	MT	8,22 cd	E x B	MT	8,16	0,06
B x F	P	7,30	F x B	P	6,88	0,42
B x G	P	6,14	G x B	MT	8,14	-2,00
B x H	P	7,07	H x B	P	6,57	0,50
C x D	T	9,45 cd	D x C	T	8,88 cd	0,57
C x E	T	8,37 d	E x C	MT	8,75	-0,38
C x F	MT	8,19	F x C	P	6,75	1,44
C x G	MT	7,94	G x C	MT	8,93	-0,99
C x H	MT	6,94	H x C	P	7,15	-0,21
D x E	T	9,35 cd	E x D	T	10,02 cd	-0,67
D x F	MT	8,64 cd	F x D	MT	8,44	0,20
D x G	MT	7,62	G x D	T	9,90 cd	-2,28
D x H	MT	8,08	H x D	MT	7,86	0,22
E x F	MT	7,42	F x E	MT	8,09	-0,67
E x G	MT	7,54	G x E	T	9,09 cd	-1,55
E x H	T	8,76 cd	H x E	MT	7,59	1,17
F x G	P	7,36	G x F	P	7,23	0,13
F x H	P	7,07	H x F	P	6,99	0,08
G x H	P	7,49	H x G	P	7,74	-0,25
Pembanding						
P27 (a)		9,70				
NK33 (b)		9,25				
BIMA 3 (c)		7,01				
BISI 2 (d)		6,82				
Rata-rata						
BNT		1,42				
KK		9,47				

A=1044_30, B=DTPYC9_F46_3_9_1_1_B, C = G20133077, D=CY11, E=G2013631, F= CY12, G=MR14, H = CLRCY039

SP = sangat Peka, P = peka, MT = medium toleran, dan T = toleran

Nilai hasil biji (t/ha) yang diikuti oleh huruf c atau d nyata lebih tinggi dibanding varietas Bima 3 dan Bisi 2

Tabel 12. Hasil biji beberapa genotipe jagung hibrida dari kombinasi persilangan dengan metode diallel pada kondisi normal. Maros, Sulawesi Selatan, 2014.

Hibrida (H)		Hibrida resiprokal (HR)		Selisih hasil H-HR (t/ha)
Persilangan	Hasil (t/ha)	Persilangan	Hasil (t/ha)	
A x B	7,65	B x A	7,59	0,06
A x C	7,17	C x A	9,24	-2,07
A x D	10,24	D x A	10,16	0,08
A x E	9,89	E x A	10,18	-0,29
A x F	8,76	F x A	8,87	-0,11
A x G	9,19	G x A	9,56	-0,37
A x H	8,40	H x A	9,05	-0,65
B x C	8,83	C x B	6,80	2,03
B x D	9,63	D x B	8,50	1,13
B x E	10,05	E x B	9,72	0,33
B x F	8,45	F x B	8,86	-0,41
B x G	9,17	G x B	9,15	0,02
B x H	8,32	H x B	8,03	0,29
C x D	10,92 cd	D x C	9,90	1,02
C x E	11,25 cd	E x C	9,61	1,64
C x F	9,34	F x C	9,14	0,20
C x G	9,83	G x C	9,27	0,56
C x H	9,52	H x C	8,22	1,30
D x E	12,21 cd	E x D	10,72 cd	1,49
D x F	9,92	F x D	10,81 cd	-0,89
D x G	9,70	G x D	11,03 cd	-1,33
D x H	10,04	H x D	9,83	0,21
E x F	9,09	F x E	9,17	-0,08
E x G	10,71	G x E	10,24	0,47
E x H	10,88 cd	H x E	9,47	1,41
F x G	8,11	G x F	8,74	-0,63
F x H	7,84	H x F	8,62	-0,78
G x H	8,29	H x G	8,50	-0,21
Pembanding				
P27 (a)	11,32			
NK33 (b)	11,67			
BIMA 3 (c)	9,03			
BISI 2 (d)	8,96			
Rata-rata				
BNT	9,37			
KK	1,42			
	9,47			

A=1044_30, B=DTPYC9_F46_3_9_1_1_B, C = G20133077, D=CY11, E=G2013631, F= CY12, G=MR14, H = CLRCY039
Nilai hasil biji (t/ha) yang diikuti oleh huruf c atau d nyata lebih tinggi dibanding varietas Bima 3 dan Bisi 2

Pengaruh efek maternal persilangan resiprokal yang nyata pada kondisi cekaman kekeringan ditunjukkan oleh hibrida 1044_30 x G20133077 dan 1044_30 x CLRCY039 dengan hasil masing-masing 7,05 dan 7,03 t/ha dan menurun menjadi 2,79 dan 1,88 t/ha pada hibrida resiprokalnya menjadi 4,26 dan 5,15 t/ha (Tabel 10). Hal tersebut mengindikasikan genotipe 1044_30 yang bila digunakan sebagai tetua betina memberikan pengaruh lebih besar dalam pewarisan toleransi cekaman kekeringan dibanding sebagai tetua jantan. Derera *et al.*

(2007) dan Isnaini *et al.* (2008) menyarankan penggunaan tetua betina toleran cekaman kekeringan dalam membentuk jagung hibrida toleran cekaman kekeringan.

Pengaruh efek maternal yang nyata dari tetua betina toleran pemupukan N rendah (G20133077) juga terlihat dari hibrida G20133077 x 1044_30 dengan hasil mencapai 7,38 t/ha pada kondisi pemupukan N rendah, sedangkan hasil hibrida resiprokalnya 1044_30 x G20133077 lebih rendah yaitu 4,97 t/ha (Tabel 11). Hal tersebut juga menunjukkan kemungkinan peran efek maternal atau sitoplasma dalam menentukan tingkat toleransi pemupukan N rendah.

KESIMPULAN

Genotipe CY 11, G2013631, dan MR 14 memiliki DGU yang baik untuk karakter hasil biji pada kondisi cekaman kekeringan, N rendah, dan kondisi normal. Genotipe tersebut juga dapat mewariskan atau memiliki DGU yang baik untuk karakter yang mendukung hasil tinggi pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah. Genotipe CY 11 mampu mewariskan karakter sifat penggulungan dan penuaan daun yang rendah, sedangkan G2013631 dan MR 14 mampu mewariskan karakter diameter batang dan postur tanaman yang tinggi.

Pembentukan jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah dapat menggunakan kombinasi persilangan tetua peka namun memiliki DGU yang tinggi seperti genotipe G2013631, disilangkan dengan tetua medium-toleran dan memiliki DGU rendah seperti G20133077 atau memiliki DGU tinggi seperti CY11. Produktivitas jagung hibrida toleran cekaman kekeringan dan N rendah seperti G20133077 x CY11, G20133077 x G2013631, dan CY 11 x G2013631 nyata lebih tinggi pada kondisi cekaman kekeringan (8,05-8,85 t/ha) dan N rendah (8,37-10,02 t/ha) dibanding varietas pembanding Bisi 2 dan Bima 3 dengan produktivitas pada kondisi cekaman kekeringan masing-masing hanya 5,91 dan 6,59 t/ha serta pada kondisi cekaman pemupukan N rendah masing-masing 6,82 dan 7,01 t/ha.

Pengaruh persilangan resiprokal yang nyata mengindikasikan genotipe toleran cekaman kekeringan dan N rendah bila digunakan sebagai tetua betina memberikan pengaruh lebih besar dalam pewarisan toleransi terhadap cekaman kekeringan dibanding sebagai tetua jantan.

Korelasi nyata positif antara hasil biji pada kondisi optimum, cekaman kekeringan, dan pemupukan N rendah mengindikasikan peluang dalam pembentukan jagung hibrida dengan hasil relatif tinggi pada kondisi cekaman (kekeringan dan N rendah) maupun kondisi normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmula, A.A. and S.A.I. Sabiel. 2007. Genotypic and differential responses of growth and yield of some maize (*Zea mays* L.) genotypes to drought stress. p.1-6. Conference on International Agricultural Research for Development. Tropentag, October 9-11, 2007.
- Adebayo, M.A. and A. Menkir. 2014. Assessment of hybrids of drought tolerant maize (*Zea mays* L.) inbred lines for grain yield and other traits under stress managed conditions. *Nigerian Journal of Genetics* 28:19-23.
- Adebayo, M.A., A. Menkir, E. Blay, V. Gracen, and E.Y. Danquaha. 2014. Performance-based grouping of adapted and exotic droughttolerant maize (*Zea mays* L.) inbred lines under stressed and nonstressed conditions. *Maydica* 59:115-123.
- Bänziger, M., S. Setimela, D. Hodson, and B. Vivek. 2006. Breeding for improved abiotic stress tolerance in maize adapted to southern Africa. *Agricultural Water Management* 80:212-224.
- Cairns, J.E., C. Sanchez, M. Vargas, R. Ordoñez, and J.L. Arous. 2012. Dissecting maize productivity: ideotypes associated with grain yield under drought stress and well-watered conditions. *Journal of Integrative Plant Biology* 54:1007-1020.
- Chen, Y., C. Xiao, X. Chen, Q. Li, J. Zhang, F. Chen, L. Yuan, and G. Mi. 2014. Characterization of the plant traits contributed to high grain yield and high grain nitrogen concentration in maize. *Field Crops Research* 159:1-9.
- Ciampitti, I.A. and T.J. Vyn. 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research* 133:48-67.
- Derera, J., P. Tongoona, B.S. Vivek, and M.D. Laing. 2007. Gene action controlling grain yield and secondary traits in southern African maize hybrids under drought and non-drought environments. *Euphytica* 162:411-422.
- Efendi, R. dan M. Azrai. 2010. Tanggap genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan: Peranan akar. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(1):1-10.
- Efendi, R. dan M. Azrai. 2012. Identifikasi karakter toleransi cekaman kekeringan berdasarkan respons pertumbuhan dan hasil genotipe jagung. *Widyaiset* 13(3):41-50.
- Efendi, R., Y. Musa, B.M. Farid, D. Rahim, M. Azrai, dan M. Pabendon. 2015. Seleksi jagung inbrida dengan marka molekuler dan toleransinya terhadap kekeringan dan nitrogen rendah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(1):43-53.
- Efendi, R., Suwardi, Syafruddin, and 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.
- El-Badawy, M.E.M. 2013. Heterosis and combining ability in maize using diallel crosses among seven new inbred lines Asian. *Journal of Crop Science* 5:1-13.
- Ertiro, B.T., Y. Beyene, B. Das, S. Mugo, M. Olsen, S. Oikeh, C. Juma, M. Labuschagne, B.M. Prasanna, and T. Lübberstedt. 2017. Combining ability and testcross performance of drought-tolerant maize inbred lines under stress and non-stress environments in Kenya. *Plant Breeding* 43:1-9.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. p.257-270. *Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress"*. Tainan. Taiwan.
- Harrison, M.T., F. Tardieu, Z. Dong, C.D. Messina, and G.L. Hammer. 2014. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global Change Biology* 20:867-878.
- Iriany, R.N., A.M. Takdir, M.H.G. Yasin, and M.J. Mejaya. 2007. Maize genotypes tolerance to drought stress. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(3):156 - 160.
- Isnaini, M., S. Sujiprihati, and F. Kasim. 2008. Pendugaan nilai daya gabung jagung hibrida toleran kekeringan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27(3):164-170.
- Kadioglu, A. and R. Terzi. 2007. A dehydration avoidance mechanism: leaf rolling. *The Botanical Review* 73:1-15.
- Kebede, A.Z., A.E. Melchinger, J.E. Cairns, J.L. Arous, D. Makumbi, and G.N. Atlin. 2013. Relationship of line per se and testcross performance for grain yield of tropical maize in drought and well-watered trials. *Crop Science* 53:1228-1236.
- Lu, Y., Z. Hao, C. Xie, J. Crossa, J.-L. Arous, S. Gao, B.S. Vivek, C. Magorokosho, S. Mugo, D. Makumbi, S. Taba, G. Pan, X. Li, T. Rong, S. Zhang, and Y. Xu. 2011. Large-scale screening for maize drought resistance using multiple selection criteria evaluated under water-stressed and well-watered environments. *Field Crops Research* 124:37-45.
- Lv, A., H. Zhang, Z. Zhang, Y. Tao, B. Yue, and Y. Zheng. 2012. Conversion of the statistical combining ability into a genetic concept. *Journal of Integrative Agriculture* 11:43-52.
- Lynch, J.P. 2013. Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and N acquisition by maize root systems. *Ann Bot* 112:347-357.
- Makumbi, D., J.F. Betrán, M. Bänziger, and J. Ribaut. 2011. Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. *Euphytica* 180:143-162.
- Masuka, B., C. Magorokosho, M. Olsen, G.N. Atlin, M. Bänziger, K.V. Pixley, B.S. Vivek, M. Labuschagne, R. Matemba-Mutasa, J. Burgenö, J. Macrobert, B.M. Prasanna, B. Das, D. Makumbi, A. Tarekegne, J. Crossa, M. Zaman-Allah, A. van Biljon, and J.E. Cairns. 2017. Gains in maize genetic improvement in Eastern and Southern Africa: II. CIMMYT open-pollinated variety breeding pipeline. *Crop Science* 57:180.
- Meseka, S., M. Fakorede, S. Ajala, B. Badu-Apraku, and A. Menkir. 2013a. Introgression of alleles from maize landraces to improve drought tolerance in an adapted germplasm. *Journal of Crop Improvement* 27:96-112.
- Meseka, S.K., A. Menkir, E.A.S. Ibrahim, and S.O. Ajala. 2013b. Genetic analysis of maize inbred lines for tolerance to drought and low nitrogen. *Jonares* 1:29-36.
- Mhike, X., P. Okori, C. Magorokosho, and T. Ndlela. 2012. Validation of the use of secondary traits and selection indices for drought tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). *African Journal of Plant Science* 6:96-102.
- Monneveux, P., C. Sainchez, D. Beck, and G.O. Edmeades. 2006. Drought tolerance improvement in tropical maize source populations: evidence of progress. *Crop Science* 46:180-191.
- Monneveux, P., C. Sanchez, and A. Tiessen. 2008. Future progress in drought tolerance in maize needs new secondary traits and cross combinations. *The Journal of Agricultural Science* 146:287-300.
- Murtadha, M.A., O.J. Ariyo, and S.S. Alghamdi. 2016. Analysis of combining ability over environments in diallel crosses of maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 47:1-10.

- Noëlle, M.A.H., K. Richard, G. Vernon, Y.A. Martin, M.N. Laouali, T.N. Liliane, and N.-N. Godswill. 2017. Combining ability and gene Action of tropical Maize (*Zea mays* L.) inbred lines under low and high nitrogen conditions. *Journal of Agricultural Science* 9:222.
- Nyombayire, A., R. Edema, G. Asea, and P. Gibson. 2011. Combining ability of maize inbred lines for performance under low nitrogen and drought stresses. *African Crop Science* 10:579 - 585.
- Rifianto, A., M. Syukur, Trikoesoemaningtyas, dan Widodo. 2013. Daya gabung hasil dan komponen hasil tujuh galur jagung manis di dua lokasi. *Journal Agronomi Indonesia* 41(3) 235-241.
- Saglam, A., A. Kadioglu, M. Demiralay, and R. Terzi. 2014. Leaf rolling reduces photosynthetic loss in maize under severe drought. *Acta Botanica Croatica* 73:315-332.
- Sayadi, M.A.R., J. Tu, J. Qiu, and Z. Liu. 2016. Breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *American Journal of Plant Sciences* 07:1858-1870.
- Sutoro. 2012. Kajian penyediaan varietas jagung untuk lahan suboptimal. *Ippek Tanaman Pangan* 7(2):108-112.
- Sutoro dan M. Setyowati. 2015. Daya gabung umum, daya gabung khusus, dan keragaan hasil hibrida jagung pada dua tingkat pumupukan N. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(1):55-59.
- Suwardi dan M. Azrai. 2013. Pengaruh cekaman kekeringan genotipe jagung terhadap karakter hasil dan komponen hasil. p.149-157. Seminar Nasional Serealia. Meningkatkan Peran Peneliti Serealia Menuju Pertanian Berkelanjutan. Maros, 18 Juni 2013.
- Syafruddin. 2015. Manajemen pemupukan nitrogen pada tanaman jagung. *Jurnal Penelitain dan Pengembangan Pertanian*. 34(3):105-116.
- Syafruddin, M. Azrai, dan Suwarti. 2013. Seleksi genotipe jagung hibrida toleran N rendah. *Buletin Plasma Nutfah* 19(2):73-80.
- Umar, U.U., S.G. Ado, D.A. Aba, and S.M. Bugaje. 2014. Estimates of combining ability and gene action in maize (*Zea mays* L.) under water stress and non-stress conditions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 4(25):247-253.
- Weber, V.S., A.E. Melchinger, C. Magorokosho, D. Makumbi, M. Bänziger, and G.N. Atlin. 2012. Efficiency of managed-stress screening of elite maize hybrids under drought and low nitrogen for yield under rainfed conditions in Southern Africa. *Crop Science* 52:1011-1020.
- Yustiana, M. Syukur, and S.H. Sutjahjo. 2013. Analisis daya gabung galur-galur jagung tropis di dua lokasi. *Journal Agronomi Indonesia* 41(2):105-111.
- Zhang, Y., M.S. Kang, and K.R. Lamkey. 2005. Diallel-Sas05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. *Agronomy Journal* 97:1097-1106.
-