

PENAMPILAN KARAKTER BEBERAPA GENOTIPE JAGUNG HIBRIDA PADA KONDISI KEKERINGAN

Character Performance of Several Hybrid Corn Genotypes in Drought Conditions

Maintang¹, Roy Efendi² dan Muhammad Azrai²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, JL. Perintis Kemerdekaan Km.17,5 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

²Balai Penelitian Tanaman Serealia, Jl. Dr. Ratulangi 274, Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia

Telp. (0411) 556449 Fax. (0411) 554522

E-mail: maintang80@gmail.com

(Makalah diterima, 20 Februari 2018 – Disetujui, 04 Juni 2018)

ABSTRAK

Seleksi untuk mengidentifikasi genotipe jagung hibrida yang mampu menggunakan air secara efektif menjadi target pemuliaan tanaman untuk perbaikan sifat toleransi kekeringan. Penelitian untuk mengetahui penampilan karakter agronomis, morfologi, dan fisiologi beberapa genotipe hibrida telah dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros, Sulawesi Selatan, Juni - Oktober 2016 pada kondisi cekaman kekeringan menggunakan 65 genotipe jagung hibrida. Percobaan disusun dengan rancangan acak kelompok serta diulang tiga kali. Perlakuan cekaman kekeringan berlangsung sebelum fase pembungaan sampai fase masak fisiologis. Hasil penelitian menunjukkan karakter agronomi, fisiologi, dan komponen hasil yang berkorelasi positif nyata dengan hasil adalah tinggi tanaman, tinggi kedudukan tongkol, diameter batang, luas daun, klorofil daun, kadar air daun, luas bukaan stomata, bobot tongkol kupasan basah, panjang tongkol, jumlah tongkol panen, jumlah biji / baris, dan bobot 1.000 biji. Skor penggulungan daun, penuaan daun, dan suhu daun merupakan karakter fisiologi yang berkorelasi negatif nyata dengan hasil, demikian pula karakter agronomi umur berbunga betina, umur berbunga jantan dan ASI. Hibrida harapan CML505/NEI9008-9-5-B-B-B-B//CY11, CML538/DMRYCML-2-7-B-B-B-B//MAL03, CML538/DMRYCML-5-5-B-B-B-B//MAL03, CML505/NEI 9008-9-4-B-B-B-B//CY11, CML505/NEI9008-18-2-B-B-B-B//CY11, CML505/NEI9008-9-1-B1-B-B-B-B//CY11, CML538/DMRYCML-1-3-B-B-B-B//CY11, CML505/NEI9008-14-1-B-B-B-B// B11209, CML505/NEI9008-29-2-B-B-B-B//CY11, dan CML505/NEI9008-21-2-B-B-B-B//MAL03 memiliki karakter agronomi dan komponen hasil yang lebih baik dengan potensi hasil yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan hibrida Bima-9, Bima-16, Pertiwi-3, dan P-31. Hibrida harapan toleran kekeringan tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: jagung, hibrida, kekeringan, toleran

ABSTRACT

Selection to identify corn genotypes that are able to use water effectively becomes a target in plant breeding activities to improve drought tolerance. Research to determine the performance appearance of agronomic characters, morphology, and physiology of several hybrid genotypes has been carried out in the Experimental Field of Cereals Research Institute, Maros, South Sulawesi, June - October 2016 in drought stress conditions using 65 hybrid corn genotypes. The research was conducted with 65 corn hybrid genotypes arranged in a randomized completed block design with three replications. Drought stress treatment was started before the flowering phase until the physiologically mature. The result indicated that agronomic, physiology and yield characters that are significant and positively correlated with grain yield are plant height, ear height, stalk diameter, leaf area, leaf chlorophyll, leaf moisture content, stomata area, wet ear weight, ear length, number of ear harvest, number of grain/rows and weight of 1000 grain. Leave rolling score, leaf senescence and leaf temperature are physiological characters that have negative correlation with the grain yield, as well as agronomic characteristics of days to silking, days to anthesis and ASI value. Promising hybrid (CML 505/NEI 9008-9-5-B-B-B-B//CY11, (CML 538/DMRYCML-2-7-B-B-B-B//MAL03, (CML 538/DMRYCML-5-5-B-B-B-B//MAL03, (CML 505/NEI 9008-9-4-B-B-B-B//CY11, (CML 505/NEI 9008-18-2-B-B-B-B//CY11, (CML 505/NEI 9008-9-1-B1-B-B-B-B//CY11, (CML 538/DMRYCML-1-3-B-B-B-B//CY11, (CML 505/NEI 9008-14-1-B-B-B-B// B11209, (CML 505/NEI 9008-29-2-B-B-B-B//CY11 dan (CML 505/NEI 9008-21-2-B-B-B-B//MAL03 show better agronomic performance, yield components and grain yield potential than Bima 9, Bima 16, Pertiwi 3 and P31. Those promising hybrid of drought tolerance could be further developed.

Key words: corn, hybrid, drought, tolerance

PENDAHULUAN

Jagung merupakan komoditas sereal kedua terpenting setelah padi. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga dibutuhkan untuk bahan baku industri pakan dan pangan. Pada periode 2011-2015, produksi jagung di Indonesia mengalami fluktuasi, terendah 17,64 juta ton terjadi pada tahun 2011, kemudian meningkat pada tahun 2014 menjadi 19,0 juta ton dan pada tahun 2015 meningkat 3,18% menjadi 19,61 juta ton (BPS 2015). Pemerintah terus mendorong upaya peningkatan produksi jagung untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Upaya peningkatan produksi jagung dapat melalui pemanfaatan lahan kering marginal yang masih luas di luar Jawa. Di Indonesia, luas lahan kering mencapai 144 juta ha atau sekitar 75% dari luas daratan pada daerah beriklim basah dan beriklim kering (BBSDL 2014). Dari luasan tersebut, sekitar 94 juta ha sesuai untuk pertanian (Mulyani dkk, 2011). Namun, kendala kekurangan air terutama pada musim kemarau sering menyebabkan terjadinya cekaman kekeringan yang mengakibatkan rendahnya produksi tanaman. Di sisi lain, perubahan iklim akibat pemanasan global mengancam keberlanjutan produksi pertanian akibat kekeringan. Ancaman kekeringan diprediksi akan terjadi dengan frekuensi dan tingkat cekaman yang lebih tinggi (Sheffield dan Wood 2008).

Kekeringan merupakan cekaman lingkungan yang berdampak nyata terhadap budi daya jagung (Cattivelli *et al.*, 2008). Hasil penelitian Banzinger *et al.* (2000), Monneveux *et al.* (2005), dan Azrai (2013) menunjukkan produktivitas jagung menurun 45-75% akibat kekeringan selama masa pembungaan sampai dua minggu setelah silking. Bahkan pada periode cekaman yang lebih lama, genotipe peka tidak mampu menghasilkan biji. Penelitian untuk menghasilkan varietas toleran kekeringan perlu dilakukan melalui pemuliaan tanaman.

Lahan kering umumnya memiliki sumber air terbatas. Seleksi untuk mengidentifikasi genotipe jagung yang mampu menggunakan air secara efektif menjadi target dalam pemuliaan tanaman untuk perbaikan sifat toleran kekeringan (Efendi 2009). Penggunaan air secara efektif melalui perbaikan status air tanaman akan membantu pembagian asimilat secara efektif dan meningkatkan pembentukan biji (Blum 2005). Oleh karena itu, genotipe jagung yang akan dikembangkan perlu diseleksi terlebih dahulu pada kondisi cekaman kekeringan sebelum dilepas sebagai varietas unggul.

Efektivitas seleksi genotipe jagung toleran kekeringan dapat ditingkatkan melalui pengamatan hasil secara langsung pada kondisi cekaman kekeringan yang diikuti oleh pengamatan terhadap karakter agronomi, morfologi,

dan fisiologi yang berkaitan dengan efektivitas toleransi tanaman terhadap kekeringan (Bänziger *et al.* 2000; Badu-Apraku *et al.* 2012; Mhike *et al.* 2012; dan Efendi *et al.* 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penampilan karakter agronomi, morfologi, dan fisiologi beberapa genotipe jagung hibrida yang ditanam pada kondisi cekaman kekeringan parah, dan mengetahui korelasi karakter tersebut dengan hasil.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sereal, Maros, Sulawesi Selatan, pada bulan Juni - Oktober 2016 menggunakan rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Sebanyak 65 genotipe jagung hibrida dan lima varietas pembanding diuji pada kondisi cekaman kekeringan parah, dengan merujuk pada metode CIMMYT (Banzinger *et al.* 2000). Perlakuan cekaman kekeringan dilakukan dengan menghentikan pemberian air pada saat tanaman berumur 35 hari setelah tanam (HST), sehingga tanaman mengalami kekeringan menjelang berbunga dan tidak diairi sampai panen. Enam puluh lima jagung hibrida tersebut adalah hasil silang galur S7 progeny CML505/NEI90008 dan CML538/DMRYCML sebagai tetua betina menggunakan lima galur penguji sebagai tetua jantan, yaitu MAL03, CY11, B11209, Mr14, dan NEI9008 (Tabel 1).

Hibrida pembanding yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria toleran kekeringan dan produksi tinggi, yaitu Bima-9, Bima-16, Bisi-18, Pertiwi-2 dan Pioner-31. Bima-9 dibentuk dari tetua CML161/NEI9008-1/Mr15. CML161/NEI9008-1 diekstrak dari galur AMNET toleran kekeringan dan tahan penyakit bulai. Tetua penyusun genotipe Bima-16 adalah Gc10279/Mr14. Mr14 adalah galur toleran kekeringan. Bisi-18, Pertiwi-2, dan P-31 adalah jagung hibrida dengan produksi tinggi, umur genjah, tahan bulai, karat daun, dan hawar daun serta memiliki daya adaptasi yang luas.

Tiap genotipe ditanam pada petak berisi dua baris, panjang 5 m per baris, jarak tanam 0,75 m x 0,20 m, satu tanaman per lubang. Pemupukan pertama dilakukan pada saat tanam menggunakan pupuk kompos 800 kg/ha. Pemupukan kedua pada saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam (HST) dengan dosis masing-masing 100 kg urea, 150 kg SP36, dan 100 kg KCl/ha. Pemupukan ketiga dilakukan pada saat tanaman berumur 40 HST menggunakan urea dengan dosis 150 kg/ha. Penyiangan dan pembumbunan dilakukan secara optimal.

Tabel 1. Tetua betina dan jantan persilangan hibrida

Kode	Tetua Betina (CML 505/NEI 9008-14-1-B-B-B-B)					Tetua Betina (CML 538/DMRYCML-5-2-B-B-B-B)			
	Jantan	Kode	Jantan	Kode	Jantan	Kode	Jantan	Kode	Jantan
G1	CY11	G16	CY11	G31	B11209	G45	CY11	G55	CY11
G2	MAL03	G17	MAL03	G32	MAL03	G46	MAL03	G56	B11209
G3	B11209	G18	Mr14	G33	MAL03	G47	B11209	G57	NEI9008
G4	B11209	G19	B11209	G34	Mr14	G48	NEI9008	G58	MAL03
G5	MAL03	G20	CY11	G35	B11209	G49	B11209	G59	B11209
G6	B11209	G21	B11209	G36	CY11	G50	B11209	G60	NEI9008
G7	CY11	G22	B11209	G37	B11209	G51	CY11	G63	Mr14
G8	B11209	G23	NEI9008	G38	CY11	G52	CY11	G64	B11209
G9	MAL03	G24	MAL03	G39	MAL03	G53	MAL03	G65	NEI9008
G10	B11209	G25	MAL03	G40	B11209	G54	B11209		
G11	CY11	G26	B11209	G41	CY11				
G12	B11209	G27	NEI9008	G42	CY11				
G13	CY11	G28	MAL03	G43	MAL03				
G14	MAL03	G29	CY11	G44	B11209				
G15	B11209	G30	MAL03	G61	CY11				
				G62	Mr14				

Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman, tinggi kedudukan tongkol, diameter batang, luas daun, umur berbunga jantan, umur berbunga betina, anthesis silking interval (ASI), klorofil daun, sudut daun, suhu rata-rata, kandungan air relatif daun, skor penggulungan daun, persentase penuaan (*senescence*) daun, luas bukaan stomata pada pagi dan siang hari, skor penutupan klobot, bobot tongkol kupasan basah, rendemen biji, panjang tongkol, diameter tongkol, jumlah baris biji/tongkol, jumlah biji/tongkol, bobot 1.000 biji, dan hasil biji pada kadar air 15%.

Klorofil daun diukur menggunakan SPAD 501. Sudut daun diukur menggunakan angel meter. Suhu rata-rata diukur menggunakan infrared Thermometer. Kandungan air relatif daun dihitung dengan rumus: $RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \%$. Sampel daun diambil dengan ukuran 3 cm x 3 cm sebanyak tiga lembar, kemudian ditimbang sebagai bobot segar (FW), lalu direndam selama 24 jam dalam air aquades dan ditimbang kembali (TW). Setelah itu daun dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C (DW) selama 24 jam (Efeoglu *et al.*, 2009). Rendemen biji diambil dengan mengukur rata-rata rasio bobot biji dengan tongkol. Hasil biji (kg/ha) ditentukan dengan rumus berikut Sujiprihati *et al.* (2006):

$$\text{Hasil (kg/ha)} = \left(\frac{10.000}{LP} \right) \times \left(\frac{100-KA}{100-15} \right) \times B \times SP$$

KA =Kadar air biji waktu panen

LP = Luas panen (m²)

B = Bobot tongkol kupasan (kg)

SP = Rata-rata 'shelling percentage/rendemen'

Nilai SP berbeda setiap genotipe dengan kisaran 0,70-0,85%

Data hasil pengamatan dianalisis dengan metode ragam dan korelasi. Jika pada analisis ragam diperoleh perbedaan respons antargenotipe maka dilanjutkan dengan uji lanjut BNT pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi antara Karakter Agronomi, Fisiologi, dan Komponen Hasil

Terdapat korelasi yang nyata antara karakter tanaman dengan hasil biji (Tabel 2). Karakter agronomi yang menunjukkan korelasi positif nyata adalah tinggi tanaman dengan tinggi letak tongkol ($r = 0,50^{**}$), tinggi letak tongkol dengan diameter batang ($r = 0,39^{**}$), tinggi tanaman dan hasil biji ($r = 0,41^{**}$), tinggi letak tongkol dengan hasil biji ($r = 0,33^{**}$), dan diameter batang dengan hasil biji ($r = 0,50^{**}$). Hal ini menunjukkan peningkatan tinggi tanaman akan meningkatkan tinggi letak tongkol dan diameter batang serta berkontribusi langsung dalam peningkatan hasil biji. Tinggi tanaman menentukan jumlah daun yang terbentuk dan mendukung fotosintesis, sedangkan diameter batang adalah tempat penyimpanan asimilat sebelum dimobilisasi ke sink atau biji. Beberapa hasil penelitian menyimpulkan tinggi

tanaman dan diameter batang merupakan karakter atau penciri jagung hibrida toleran kekeringan maupun pada kombinasi cekaman kekeringan dan N rendah (Isnaeni 2008; Aisyah, 2015; Efendi 2009; Efendi 2015; Efendi 2016).

Karakter fisiologi seperti luas daun berkorelasi positif nyata dengan hasil biji ($r = 0,47^{**}$), berarti peningkatan luas daun akan meningkatkan hasil. Air yang cukup

bagi tanaman akan mendukung peningkatan luas daun. Sebaliknya, tanaman yang mendapat cekaman air mempunyai daun yang lebih kecil yang dapat menurunkan kecepatan proses fotosintesis yang berdampak pada penurunan produksi tanaman. Maddonni dan Otegui (1996) serta Earl dan Davis (2003) menyatakan bahwa pada kondisi tanpa cekaman, luas daun berkorelasi positif dengan hasil biji, namun peningkatan luas daun atau

Tabel 2. Koefisien korelasi antarkarakter beberapa genotipe jagung hibrida pada kondisi kekeringan

	TTkl	DB	Ls_Dn	UBJ	UBB	ASI	Klor	SdtDn	Senc	RWC	SPD	HC	TAv	L_Sto_A
TT	0,580**	0,333**	0,304*	-0,113	-0,090	0,001	0,305*	0,105	-0,056	0,073	-0,123	-0,012	-0,406**	0,373**
TTkl		0,392**	0,232	0,172	0,154	0,027	0,086	-0,017	-0,136	0,275*	-0,041	-0,076	-0,289*	0,278*
DB			0,384**	-0,028	-0,146	-0,196	0,330**	-0,125	-0,210	0,254*	-0,398**	-0,112	-0,245*	0,364**
Ls_Dn				-0,166	-0,270*	-0,219	0,337**	-0,204	-0,226	0,165	-0,469**	-0,209	0,000	0,265*
UBJ					0,779**	-0,033	-0,331**	-0,254*	-0,343**	0,225	0,225	0,249*	0,144	-0,077
UBB						0,601**	-0,384**	-0,071	-0,150	0,014	0,422**	0,299*	0,179	-0,196
ASI							-0,190	0,211	0,197	-0,263*	0,386**	0,159	0,102	-0,215
Klor								-0,262*	-0,155	0,221	-0,342**	-0,198	-0,464**	0,338**
SdtDn									0,359**	-0,477**	0,204	0,113	0,119	-0,123
Senc										-0,523**	0,342**	-0,108	0,096	-0,319**
RWC											0,336**	-0,126	-0,317**	0,268*
SPD												0,069	0,158	-0,235
HC													0,063	-0,188
TAv														-0,413**
L_Sto_A														
L_Sto_B														
JTP														
JTKl														
PTkl														
DmTKl														
J_bars														
J_biji														
B1000														
Kair-Panen														
BTKB														
rend														
Hasil														

Keterangan: * = nyata, ** = sangat nyata

TT = tinggi tanaman, TTkl = tinggi letak tongkol, Dm = diameter batang, Lsdn = luas daun, UBJ = umur berbunga jantan, UBB = umur berbunga betina, ASI = anthesis silking interval, Klor = klorofil, SdtDn = sudut daun, Senc = senescence, RWC = kadar air daun, HC = husk cover, TAv = suhu rata-rata, L-sto = luas bukaan stomata pagi, L-sto-b = luas bukaan stomata siang, PTKl = panjang tongkol, dm = diameter tongkol, J-br s = jumlah baris, J-biji = jumlah biji, B1000 = bobot 1.000 biji, BTKB = bobot tongkol kupasan basah, rend = rendemen biji.

indeks luas daun (ILD) yang tidak proporsional justru mengakibatkan persaingan antardaun dalam penerimaan cahaya matahari sehingga menurunkan hasil biji.

Cekaman kekeringan dapat mempengaruhi pembungaan tanaman jagung. Analisis korelasi menunjukkan peubah umur berbunga betina berkorelasi positif nyata dengan nilai ASI ($r = 0,60^{**}$). Hal ini berarti semakin cepat umur berbunga betina maka nilai ASI (selisih umur berbunga

jantan dan betina) semakin kecil. Nilai ASI berkorelasi negatif nyata dengan hasil biji dengan nilai $r = -0,46^{**}$. Hal ini berarti semakin besar nilai ASI semakin rendah hasil biji. Cekaman kekeringan menyebabkan bunga betina lebih lama keluar dibandingkan dengan tanpa cekaman, sehingga interval antara umur keluar bunga jantan dan bunga betina (ASI) menjadi besar. Nilai ASI yang besar dapat menyebabkan serbuk sari tidak viabel

Tabel 2. Koefisien korelasi antarkarakter beberapa genotipe jagung hibrida pada kondisi kekeringan (*lanjutan*)

	L_Sto_B	JTP	JTKl	PTkl	DmTKl	J_bars	J_biji	B1000	KairPanen	BTKB	rend	Hasil
TT	0,083	-0,042	0,299*	0,326**	0,243*	0,306*	0,267*	0,340**	-0,147	0,421**	-0,073	0,411**
TTkl	0,005	-0,105	0,122	0,244*	0,197	0,321**	0,250*	0,311**	0,17	0,374**	-0,079	0,337**
DB	0,051	-0,073	0,233	0,549**	0,235*	0,156	0,509**	0,462**	0,134	0,530**	0,055	0,503**
Ls_Dn	-0,166	0,005	0,393**	0,557**	0,384**	0,188	0,603**	0,441**	0,028	0,485**	0,16	0,479**
UBJ	-0,149	-0,172	-0,312**	-0,179	-0,087	0,101	-0,241*	-0,144	0,21	-0,278*	-0,485**	-0,351**
UBB	0,002	-0,16	-0,496**	-0,335**	-0,355**	-0,031	-0,415**	-0,331**	0,266*	-0,492**	-0,598**	-0,567**
ASI	0,192	-0,035	-0,394**	-0,306*	-0,455**	-0,177	-0,353**	-0,344**	0,157	-0,431**	-0,335**	-0,456**
Klor	-0,078	0,095	0,423**	0,460**	0,360**	0,029	0,475**	0,441**	0,124	0,605**	0,301*	0,610**
SdtDn	0,189	0,046	-0,169	-0,273*	-0,278*	-0,022	-0,143	-0,431**	-0,424**	-0,309**	-0,185	-0,285*
Senc	0,185	0,094	-0,18	-0,445**	-0,293*	-0,241*	-0,336**	-0,286*	-0,098	-0,373**	0,029	-0,347**
RWC	-0,05	-0,141	0,290*	0,390**	0,368**	0,295*	0,399**	0,451**	0,322**	0,502**	0,156	0,468**
SPD	-0,112	-0,115	-0,534**	-0,577**	-0,360**	-0,194	0,601**	-0,489**	0,012	-0,604**	-0,329**	-0,612**
HC	0,093	0,111	-0,089	-0,024	-0,14	-0,152	-0,177	-0,107	0,052	-0,117	-0,510**	-0,187
TA _v	0,008	-0,027	-0,365**	-0,341**	-0,385**	-0,359**	-0,238*	-0,298*	0,06	-0,473**	-0,089	-0,468**
L_Sto_A	-0,011	-0,133	0,176	0,401**	0,248*	0,344**	0,381**	0,355**	-0,08	0,406**	0,104	0,411**
L_Sto_B		0,027	-0,112	-0,141	-0,233	-0,134	-0,085	-0,149	-0,14	-0,073	-0,042	-0,079
JTP			0,285*	0,052	0,142	-0,041	0,108	-0,055	0,029	0,133	0,115	0,141
JTKl				0,614**	0,525**	0,222	0,579**	0,554**	-0,074	0,761**	0,314**	0,771**
PTkl					0,525**	0,215	0,838**	0,746**	0,019	0,831**	0,208	0,818**
DmTKl						0,337**	0,515**	0,542**	-0,113	0,609**	0,254*	0,621**
J_bars							0,196	0,146	-0,134	0,286*	0,105	0,294*
J_biji								0,582**	-0,013	0,750**	0,298*	0,757**
B1000									0,207	0,758**	0,212	0,733**
Kair-Panen										0,1	0,013	0,018
BTKB											0,332**	0,986**
rend												0,457**
Hasil												

Keterangan: * = nyata, ** = sangat nyata

TT = tinggi tanaman, TTkl = tinggi letak tongkol, Dm = diameter batang, Lsdn = luas daun, UBJ = umur berbunga jantan, UBB = umur berbunga betina, ASI = anthesis silking interval, Klor = klorofil, SdtDn = sudut daun, Senc = senescence, RWC = kadar air daun, Hc = husk cover, TA_v = suhu rata-rata, L-sto = luas bukaan stomata pagi, L-sto-b = luas bukaan stomata siang, PTkl = panjang tongkol, dm = diameter tongkol, J-br s = jumlah baris, J-biji = jumlah biji, B1000 = bobot 1.000 biji, BTKB = bobot tongkol kupasan basah, rend = rendemen biji.

melakukan pembuahan yang mempengaruhi jumlah biji yang terbentuk. Selain itu, cekaman air yang terjadi pada masa pembungaan dan penyerbukan menyebabkan tongkol/bunga betina mengering, sehingga proses pengisian biji terhambat dan jumlah biji pada tongkol berkurang. Menurut Fischer *et al.* (1983), masa kritis tanaman jagung terhadap kekurangan air adalah pada waktu berbunga dan hasilnya berkurang sampai 22%. Sementara itu, Denmead dan Shaw (1960) menyatakan kekeringan menjelang, saat, dan setelah pembungaan menurunkan hasil biji masing-masing 25%, 50%, dan 21%. Oleh karena itu, karakter ini sangat penting sebagai indikator seleksi genotipe toleran kekeringan (Banzinger *et al.* 2000, Efendi dan Azrai, 2010).

Kandungan klorofil daun berkorelasi positif nyata dengan hasil biji dengan nilai $r = 0,61^{**}$. Kandungan klorofil tercermin dari tingkat kehijauan warna daun. Daun yang hijau mendukung proses fotosintesis. Cekaman kekeringan dapat menghambat sintesis klorofil dan degradasi klorofil yang diakibatkan oleh peningkatan produksi spesifik oksigen reaktif (*reactive oxygen spesies/ROS*) (Salisbury dan Ross 1992). Sudut daun berkorelasi tidak nyata dengan hasil biji dan bernilai negatif ($r = -0,28$). Hal ini menunjukkan semakin besar sudut daun kemungkinan hasil biji akan menurun. Tanaman jagung yang memiliki sudut daun yang lebih lebar lebih banyak menyerap panas sinar matahari, sehingga cenderung lebih tercekam kekeringan dibandingkan dengan tanaman jagung yang memiliki sudut daun lebih tegak. Tanaman dengan sudut daun pada posisi hampir sejajar dengan datangnya cahaya menghasilkan suhu daun yang tidak cepat meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat (Kramer, 1980; Sammons *et al.*, 1980; Creellman *et al.*, 1990; Herawati 2000 dalam Efendi, 2009).

Hasil analisis juga menunjukkan korelasi negatif nyata antara kadar air daun dengan penggulangan daun ($r = -0,33^{**}$) dan penuaan daun ($r = 0,52^{**}$), serta korelasi positif nyata antara skor penggulangan daun dan penuaan daun ($r = 0,34^{**}$). Hal ini menunjukkan semakin rendah kandungan air daun semakin tinggi intensitas penggulangan dan senescence. Semakin tinggi skor penggulangan daun semakin besar senescence (pengeringan daun). Skor penggulangan daun dan senescence berkorelasi negatif nyata dengan hasil, sedangkan kadar air daun (RWC) berkorelasi positif nyata dengan hasil. Artinya, semakin tinggi skor penggulangan dan senescence semakin rendah hasil. Sebaliknya, semakin tinggi kadar air daun maka hasil akan meningkat. Kadar air, penggulangan daun, dan senescence adalah karakter penting yang terkait dengan fotosintesis tanaman. Hal ini sejalan dengan kajian Efendi dan Azrai (2010) serta Efendi (2015) yang menyatakan

kemampuan tanaman mempertahankan luas daun untuk aktif berfotosintesis pada kondisi cekaman kekeringan adalah mengurangi laju senescence dan penggulangan daun serta mempertahankan klorofil daun dan kadar air daun tetap tinggi. Penggulangan daun yang diikuti oleh pengeringan daun termasuk salah satu bentuk dari mekanisme toleransi *drought avoidance*. Respons ini adalah upaya tanaman untuk mengurangi kehilangan air melalui tajuk (transpirasi), namun menurunkan laju fotosintesis untuk menghasilkan fotosintat yang ditranslokasi ke biji (Betran *et al.* 2003; Lu *et al.* 2011).

Stomata berpengaruh pada fisiologi tanaman. Hasil analisis korelasi menunjukkan luas bukaan stomata pada pagi hari berkorelasi positif nyata dengan hasil ($r = 0,33^{**}$) sedangkan luas bukaan stomata pada siang hari berkorelasi negatif dengan hasil ($r = -0,22$). Dengan demikian, semakin luas bukaan stomata pada pagi hari semakin tinggi hasil. Sebaliknya, semakin luas bukaan stomata pada siang hari semakin rendah hasil. Jagung hibrida yang memberikan hasil lebih tinggi dalam penelitian ini menunjukkan luas bukaan stomata pada siang hari lebih rendah (Tabel 3). Fenomena ini menunjukkan pembukaan stomata berpengaruh terhadap pertukaran CO_2 yang dapat digunakan tanaman untuk fotosintesis. Sebaliknya, penutupan stomata akan menghambat masuknya CO_2 ke jaringan tanaman sehingga menurunkan aktivitas fotosintesis. Oleh karena itu, walaupun tanaman dalam kondisi kekurangan air, stomata tetap harus membuka agar proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik. Gorashy *et al.* (1971) menyatakan tanaman yang toleran kekeringan dicirikan oleh beberapa sifat, antara lain jumlah stomata yang membuka per luas daun lebih banyak. Hal ini menunjukkan dalam kondisi tanaman tercekam kekeringan, stomata masih mampu membuka yang menandakan proses fotosintesis masih berjalan dengan baik.

Potensi tanaman ditentukan oleh produksi atau hasil yang diperoleh. Hubungan antara karakter komponen hasil dengan hasil menunjukkan korelasi positif nyata, antara lain pada panjang tongkol ($0,81^{**}$), diameter tongkol ($0,62^{**}$), jumlah biji/baris ($0,75^{**}$), bobot 1.000 biji ($0,73^{**}$), berat tongkol kupasan basah ($0,99^{**}$), dan rendemen biji ($0,47^{**}$). Hal ini menunjukkan semakin tinggi nilai rata-rata karakter tersebut semakin tinggi hasil biji. Diameter tongkol mempengaruhi jumlah baris biji pada tongkol, panjang tongkol mempengaruhi jumlah biji per baris, sedangkan rendemen biji yang tinggi menunjukkan partisi asimilat ke biji lebih besar dibanding ke bagian organ lainnya seperti janggol. Hasil penelitian Efendi *et al.* (2016) menunjukkan karakter yang berpengaruh langsung terhadap hasil pada kondisi kekeringan adalah tinggi tanaman, luas daun, panjang

Tabel 3. Rata-rata nilai karakter fisiologi jagung hibrida progeneri CML505/NEI90008 yang berbeda nyata dengan tiga atau lebih hibrida pembandingan pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	Klor		SdtDn		Senc		RWC		SPD		HC		TAv	L_Sto_A	L-StoB
G1	43,7		22,9		62,4		75,9	b	2,4	bce	2,17		31,8	2299,5	2248,2
G2	42,4		23,3		62,7		71,8		2,5	bce	2		35,67	1784,6	1932,1
G5	39,1		22,6		59,9	e	73,5	b	2,7	bce	2		39,73	1843,2	1822,2
G10	40		29,7	de	60,5		72,2		2,5	bce	1,67	ace	36,93	2409,9	1416,1
G11	46,7	Ce	25,6		63,9		72,2		2,4	bce	2		32,93	2833	2419,9
G12	35,3		23,9		64,4		74,6	b	3,7	B	1,5	ace	35,23	1903,9	1511,4
G13	49,3	Bce	22		59,1	e	85,6	be	2,8	be	2,5		31,23	3028,2	1445,4
G14	41,7		24,4		66,4		71	b	2,6	bce	1,67	ace	36,1	2075,5	2246,1
G15	32,8		31,4	cde	60,9		78	b	2,7	bce	1,67	ace	34,13	2110,1	1874,6
G16	45,6	Ce	20,7		59,4	e	76,6		2,2	bce	1,5	ace	30,9	2012,7	1423,5
G17	42,9		23,4		64,9		68,5		2,1	bce	1,67	ace	35,57	1944,7	1724,9
G20	48,9	Ce	20,3		56,7	abe	80,1	b	1,9	bce	1,67	ace	31	2961	1309,4
G23	36,9		26,9	e	67,9		75,1	b	2,3	abce	2		34,33	2198	1998,1
G24	44,3		23,3		63,9		76,4	b	2,2	abce	2,17		34,9	1615	1712,3
G26	44,2		22,6		58,7	ae	78,8	b	2,6	Bce	2,33		32,33	2088,7	1484,2
G27	36,3		29,2	de	66		68,8		2,3	abce	2,67		37,5	1911,2	2597,8
G29	44,7		23,1		58,2	ae	83,3	abe	2,6	bce	1,67	ace	30,47	2225,2	1649
G32	42,4		19		62,7		78	b	2,7	bce	2		34,51	2455,5	1757,4
G33	38,6		20,8		54,5	abde	80,5	b	2,2	abce	2,17		38,23	1830,6	1710,3
G34	40,8		29,2	de	65,7		60,6		2,3	abce	4		36,63	2300,1	2243
G35	40,8		27,3	e	54	abde	72,6		2,3	abce	1,83	c	35,7	1633,4	2051,5
G40	39,9		23,6		63,4		74,9	b	2,7	bce	1,67	ace	32,17	2256,6	2462,8
G61	36,3		22,8		59	e	77,8	b	2,5	bce	1,83	c	31,37	2460,7	1921,4
G62	38,4		27,3	e	67,9		64		2,7	bce	2,83		36,57	1749	1250,8e
Bima 9 (a)	45		27,7		68		69,9		3,3		2,83		32,83	1799,2	1884
Bima16(b)	41,3		30,4		67,2		61,6		5		2,17		32,83	2078,7	1624,4
Pertiwi3(c)	36,9		23,6		53,4		76,5		3,6		3		33,43	1823,3	1654,8
Bisi18 (d)	43,7		22,8		64,3		78,8		2,2		2,17		30,37	2321,5	1814,9
P31 (e)	37,3		20,6		69,4		71,3		3,9		2,83		33,13	2202,2	2072,4

Klor = klorofil daun, SdtDn = sudut daun, Senc = senescence, RWC = kadar air daun relative SPD = skor penggulungan daun, HC = skor penutupan klobot, Tav = suhu daun rata-rata, L-Sto-A = luas bukaan stomata pagi hari, L-Sto-B = luas bukaan stomata siang hari. Angka yang diikuti oleh huruf a berbeda sangat nyata dengan pembandingan Bima-9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima-16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi-2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi-18, dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P-31 pada BNT_{0,01}.

tongkol, diameter tongkol, dan rendemen biji, sedangkan yang tidak berpengaruh langsung adalah diameter batang, skor penggulungan daun, sudut daun, tingkat penuaan daun, dan jumlah biji/tongkol. Karakter tersebut dapat digunakan dalam menyeleksi jagung hibrida sebelum dan sesudah panen.

Respons Jagung Hibrida terhadap Kekeringan

1. Karakter agronomi

Hibrida memperlihatkan respon yang beragam pada kondisi cekaman kekeringan. Dari beberapa karakter

yang diamati, pengaruh genotipe tidak menunjukkan perbedaan pada suhu dan luas bukaan stomata. Berdasarkan penampilan karakter agronomi, hibrida yang menunjukkan penampilan terbaik dari aspek tinggi tanaman adalah G20 dan tinggi letak tongkol terbaik ditunjukkan oleh G13 (Tabel 4). Diameter batang dan luas daun terbaik ditunjukkan oleh G58 dan G53 (Tabel 5). Hibrida G20, G13, G58, dan G53 juga memberikan hasil yang lebih tinggi (Tabel 7 dan Tabel 8). Hal ini menunjukkan keempat hibrida memiliki kemampuan dalam melangsungkan pertumbuhan yang lebih baik pada kondisi kekeringan sehingga memberikan hasil yang lebih tinggi. Postur tanaman yang lebih tinggi mengindikasikan genotipe memiliki pertumbuhan akar yang vertikal secara ekstensif sehingga berpeluang lebih

besar mengabsorpsi air pada kondisi ketersediaan air terbatas (Banziger *et al.* 1999).

Diameter batang dan luas daun merupakan karakter pertumbuhan yang perlu dipertahankan tanaman pada kondisi cekaman kekeringan, karena diameter batang merupakan organ penyimpanan asimilat sebelum dimobilisasi ke biji, sementara luas daun diperlukan untuk proses fotosintesis yang aktif. Hal ini sejalan dengan pendapat Araus *et al.* (2012) yang menyatakan kemampuan tanaman mempertahankan luas daun berperan penting mempertahankan proses fotosintesis selama kondisi cekaman kekeringan sehingga dapat menjaga laju pembentukan asimilat untuk pembentukan dan perkembangan biji.

Tabel 4. Rata-rata nilai karakter agronomi jagung hibrida progeni CML505/NEI90008) yang berbeda nyata dengan tiga atau lebih hibrida pembandingan pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	TT	TTkl	DB	Ls_Dn	UBJ	UBB	ASI
G3	197,5 abce	116,5 abc	20,2	721,3 c	55,7	60,3	4,7
G4	194 b	120,8 abce	20,7 e	757 bc	55	60,3	5,3
G12	168,1 b	104,6	20,8 e	705,9 b	55 bcde	58,3	3,3
G13	183,8 b	121,1 abce	22,4 e	743,6 bc	53,3 c	55,3 c	2
G17	177,3	108,5 b	21,4 e	699,2 b	52 cde	53,7 c	1,7
G20	203,3 abce	102,7	22,8 e	747,3 bc	51 c	52,3 c	1,3
G21	181,7 b	108,5 b	22,1 e	720,7 b	53,3 cde	56	2,7
G23	143,4	83,9	18	613,2	54 C	56,3	2,3
G29	177,5	115 abc	22,2 e	763,4 bc	51,7 c	53 c	1,3
G31	185,8	118,1 abc	21,4 e	739,9 bc	53 c	57,3	4,3
G33	152,1	120,3 abce	21,4 e	730,7 bc	53,3 c	55,3 c	2
G34	175,7	93,8	22,6 e	705,1 b	51,3 cde	54,7 c	3,3
G36	174,5	87,7	19,7	743,4 bc	48,7 abede	53,3 c	4,7
G41	181,2 b	99,1	20,9 e	671,2	51 cde	53,7 c	2,7
G42	185,8 b	101,1	21,2 e	731,8 bc	49 abede	51,3 bce	2,3
G61	176,3	120,6 abce	21,1 e	740,4 bc	51,3 cde	53 c	1,7
Bima 9 (a)	173,1	93,3	21,1	700,8	51,7	54,3	2,7
Bima16(b)	155,7	88,7	20,5	582,6	52,7	56	3,3
Pertiwi 3(c)	172,5	96,1	19,2	615	56,3	59	2,7
Bisi18 (d)	200	117,7	21,3	685,5	54	54,3	0,3
P31 (e)	172,4	100,7	18,3	686,6	54	55,7	1,7

Keterangan : TT= tinggi tanaman, TTkl = tinggi letak tongkol, DB = diameter batang, UBJ = umur berbunga jantan, UBB = umur berbunga betina, ASI = Anthesis Silking Interval.

Angka yang diikuti oleh huruf a berbeda sangat nyata dengan pembandingan Bima-9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima-16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi-2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi-18 dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P-31 pada BNT_{0,01}.

Tabel 5. Rata-rata karakter agronomi jagung hibrida progeneri CML538/DMRYCL yang berbeda nyata dengan tiga atau lebih hibrida pembandingan pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	TT	TTkl	DB	Ls_Dn	UBJ	UBB	ASI
G47	191,9 b	120,7 abce	21,1 e	689,8	54 c	57	3
G53	185,9 b	112,5 ab	23,2 e	781,3 bc	53,7 c	55 c	1,3
G55	168,6	115,8 abc	21,8 e	650,5	53 c	56	3
G57	194,8 b	118,3 abce	21,3 e	721,2 b	49,7 bcde	53,7 c	4
G58	194,5 b	115,4 abc	25,3 e	793,4 bc	54	55,7	1,7
G59	175,9	118,4 abce	21 e	749,5 bc	54,7	56,7	2
G60	190,8 b	113,3 ab	20,5	770,2 bc	50,3 cde	52,7 c	2,3
G64	180,6 b	112,6 ab	20,5	725 bc	55,7	58	2,3
G65	189 b	114,5 abc	20,4	670,6	51,3 cde	54,7 c	3,3
Bima 9 (a)	173,1	93,3	21,1	700,8	51,7	54,3	2,7
Bima16(b)	155,7	88,7	20,5	582,6	52,7	56	3,3
Pertiwi 3(c)	172,5	96,1	19,2	615	56,3	59	2,7
Bisi18 (d)	200	117,7	21,3	685,5	54	54,3	0,3
P31 (e)	172,4	100,7	18,3	686,6	54	55,7	1,7

Keterangan: TT = tinggi tanaman, TTkl = tinggi letak tongkol, DB = diameter batang, UBJ = umur berbunga jantan, UBB = umur berbunga betina, ASI = Anthesis Silking Interval.

Angka yang diikuti oleh huruf a berbeda sangat nyata dengan pembandingan Bima-9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima-16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi-2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi-18 dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P-31 pada BNT_{0,01}.

Tabel 6. Rata-rata nilai karakter fisiologi jagung hibrida progeneri CML538/DMRYCL yang berbeda nyata dengan tiga atau lebih hibrida pembandingan pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	Klor	SdtDn	Senc	RWC	SPD	HC	TAv	L_Sto_A	L-StoB
G45	43	22,3	56,5 abe	83,3 abe	2,8 be	2,17	31,83	2340,3	1508,9
G47	37,1	25,9	71	59,7	4,3	1,83 c	36,9	1705	1687,2
G48	36,5	31,9 cde	72,6	63,6	3,6 b	2	36,43	2043,1	1908,1
G50	38,8	26,2	53,5 abde	75,2 b	3,3 b	4,67	34,23	1796,1	1729,1
G51	41	19,9	56,1 abe	75 b	3,7 b	2	37,23	2016,9	1513,5
G53	45,5 ce	21,6	57,8 abe	80,7 b	2,2 abce	1,83 c	31,23	2671,1	1428,7
G54	41,3	23,8	61,4	84,5 abe	3 be	2	32,07	2395,8	2250,3
G55	41,5	25,7	63,9	82,9 abe	2,9 be	2,5	32,57	1646,4	2117,4
G57	42,9	33,7 cde	66,9	72,4	2,9 be	2	34,17	2095,4	1841,1
G58	46,7 ce	18,6	58,3 ae	81,4 ab	1,8 bce	2	32,37	2545,9	2056,7
G59	41,7	24,4	57,1 abe	80,6 b	2,3 bce	2	33,83	1949,9	1684,1
G60	38,8	31,2 cde	67,9	70,4	2,9 be	1,67 ace	33,93	2449,2	1619,2
G63	38,5	26,3	63,5	76,8 b	2,5 bce	3	32	2206,4	2326,7
G65	35,8	30,2 cde	65,4	70,7	2,9 be	2,17	34,2	2444	2717,1
Bima 9 (a)	45	27,7	68	69,9	3,3	2,83	32,83	1799,2	1884
Bima16(b)	41,3	30,4	67,2	61,6	5	2,17	32,83	2078,7	1624,4
Pertiwi3(c)	36,9	23,6	53,4	76,5	3,6	3	33,43	1823,3	1654,8
Bisi18 (d)	43,7	22,8	64,3	78,8	2,2	2,17	30,37	2321,5	1814,9
P31 (e)	37,3	20,6	69,4	71,3	3,9	2,83	33,13	2202,2	2072,4

Keterangan : Klor = klorofil daun, SdtDn= sudut daun, Senc = senescence, RWC = kadar air daun relative SPD= skor penggulungan daun, HC= skor penutupan klobot, TAv= suhu daun rata-rata, L-Sto-A= luas bukaan stomata pagi, L-Sto-B= luas bukaan stomata siang.

Angka yang diikuti dengan huruf a berbeda sangat nyata dengan pembandingan Bima 9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima 16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi 2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi 18 dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P31 pada BNT_{0,01}.

Anthesis Silking Interval (ASI) adalah selisih umur keluar bunga jantan dan bunga betina. Kekeringan pada fase pembungaan menyebabkan tanaman mengalami peningkatan interval waktu antara umur berbunga jantan dan betina sehingga penyerbukan tidak sinkron dan pembentukan biji tidak optimal atau bahkan tidak terbentuk biji sama sekali karena adanya reduksi hasil fotosintesis (Edmeades *et al.* 1992). Nilai ASI jagung hibrida yang memberikan hasil tinggi dalam penelitian ini rata-rata 1,3-2,0 hari. Pada kisaran ASI yang lebih besar, hasil lebih rendah (Tabel 4 dan Tabel 5). Hal ini menunjukkan semakin kecil nilai ASI semakin memungkinkan sinkronisasi penyerbukan dan pembuahan dimana jumlah biji yang terbentuk ditentukan oleh jumlah rambut yang diserbuki oleh serbuk sari dan berhasil sampai ke proses pembuahan dan pengisian biji. Menurut Earl dan Davis (2003), interval ASI yang semakin lebar mengakibatkan perkembangan ovarium menjadi lemah, sehingga kesuburan bunga betina menurun yang berdampak terhadap penurunan hasil biji.

2. Karakter fisiologi

Berdasarkan penampilan karakter fisiologi tanaman, diketahui hibrida G20, G13, G58, dan G53 memiliki rata-rata nilai yang lebih baik pada kandungan klorofil daun, luas bukaan stomata pada pagi hari, sudut daun, senescence, skor penggulungan daun, dan kadar air daun (RWC) (Tabel 3 dan 6).

3. Komponen hasil dan hasil

Hibrida yang menunjukkan respons terbaik pada kondisi kekeringan berdasarkan hasil biji tertinggi adalah G20, G16, G53, G29, G58, G45, G13, G26, G61, dan G33 dengan kisaran rata-rata hasil 3,0-3,9 t/ha. Hasil hibrida-hibrida harapan ini tidak berbeda nyata dengan hasil tertinggi Bisi-18 sebagai pembanding yang mencapai 3,9 t/ha, tetapi berbeda nyata dengan Bima-9, Bima-16, Pertiwi-2, dan P-31. Hal ini menunjukkan hibrida harapan tersebut berpotensi dikembangkan pada kondisi cekaman kekeringan. Hibrida harapan tersebut juga menunjukkan penampilan agronomi yang lebih baik dan berbeda nyata dengan pembanding Bima-9, Bima-16, Pertiwi-2, dan P-31, antara lain pada tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, diameter batang, luas daun, umur berbunga jantan dan betina yang lebih awal, nilai ASI yang lebih kecil (Tabel 4 dan 5), klorofil, luas daun, RWC yang lebih besar (Tabel 3 dan 6), dan komponen hasil yang lebih baik antara lain pada panjang dan

diameter tongkol, jumlah biji per baris, jumlah baris/tongkol, bobot 1.000 biji, berat tongkol kupasan basah, dan rendemen biji (Tabel 7 dan 8). Hasil penelitian ini sejalan dengan kajian Adriani *et al.* (2015); Efendi (2015), Efendi (2016) dimana rata-rata dari peubah tersebut menunjukkan nilai yang lebih baik pada hibrida toleran kekeringan dibanding genotipe peka.

Hibrida G20, G16, G29, G45, G13, dan G61 merupakan hasil silang uji dari tetua toleran kekeringan CML505/NEI9008/CY11. Tetua CML505 adalah galur introduksi dari CIMMYT dengan sifat umur genjah, toleran kekeringan, dan peka bulai. NEI9008 adalah galur introduksi dari Thailand dengan sifat tahan bulai, medium toleran kekeringan, dan peka bulai, sedangkan CY11 adalah galur elit dari Balitsereal dengan sifat medium toleran kekeringan. CY11 adalah tetua yang memiliki Daya Gabung Umum (DGU) yang tinggi dan medium toleran kekeringan (Efendi 2015). Hibrida G26 dan G33 berasal dari persilangan dengan tetua yang toleran kekeringan dan hasil tinggi, yaitu CML505/NEI9008/B11209 dan CML505/NEI9008/MAL03, sedangkan G53 dan G58 adalah hibrida yang berasal dari persilangan CML538/DMRCYML/MAL03. Tetua CML538 juga diintroduksi dari CIMMYT dengan sifat umur genjah, toleran kekeringan, dan peka bulai. G23, G12, dan G47 adalah hibrida berdaya hasil rendah. Hibrida tersebut berasal dari tetua yang toleran kekeringan CML505/NEI9008 dengan galur B11209

Hibrida G23, G12, dan G47 memberikan hasil lebih rendah (0,8-1,0 t/ha) dengan nilai rata-rata yang juga lebih rendah pada beberapa peubah, antara lain tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, diameter batang, dan luas daun (Tabel 4 dan 5), RWC, klorofil, skor penggulungan daun, senescence (Tabel 3 dan 6), panjang tongkol, jumlah biji, jumlah tanaman panen, berat tongkol kupasan basah, dan rendemen (Tabel 7 dan 8). Hal tersebut menunjukkan tanaman pada kondisi cekaman kekeringan akan mengalami reduksi pertumbuhan vegetatif secara langsung, yang berdampak pada penurunan hasil. Efendi (2015) menemukan bahwa pertumbuhan vegetatif tanaman pada kondisi kekeringan menurun, daun lebih kecil karena adanya penggulungan daun dan terjadi lebih awal, senescence lebih besar, dan menurunnya kandungan klorofil daun, potensial air daun, dan laju fotosintesis. Menurut Efendi dan Azrai (2010), Lu *et al.* (2011), dan Efendi (2015), penggulungan daun terjadi karena akar mengabsorpsi air dalam jumlah yang tidak cukup. Lopes *et al.* (2011) menambahkan bahwa salah satu upaya tanaman untuk menjaga kelangsungan hidupnya pada kondisi kekeringan adalah mengurangi

Tabel 7. Rata-rata hasil biji (t/ha) hibrida jagung progeni (CML 505/NEI 90008) yang berbeda nyata dengan 3 atau lebih hibrida pembanding pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	PTkl	Dm tkl	J_bars	J_biji	B1000	BTKB	rend	Hasil
G5	14,13 be	36,65 bce	14,6	29 be	206,13 bc	2,21 be	0,8 a	2,6 bce
G11	14,73 be	32,6	15,53 ab	29,47 be	203,5 bc	2,2 be	0,8 a	2,5 bce
G12	12,13	31,27	16,37 ab	23,13	175,6	0,89	0,7	1
G13	16,07 bce	36,9 bce	15,93 ab	34,17 abce	223,97 bc	2,6 bce	0,8	3 bce
G16	16 bce	37,34 bce	16,13 ab	32,63 bce	227,57 bc	3 abce	0,8 a	3,5 abce
G17	14,93 be	32,13	14,8 a	30,6 be	216,97 bc	2,4 bce	0,8 a	2,9 bce
G20	16,43 bce	39,77 bce	16,43 ab	35,07 abce	252,47	3,05 abce	0,8 abe	3,9 abce
G24	14,5 be	34,51	13,87	31,67 be	228,73 bc	2,26 bce	0,8 abe	2,7 bce
G23	10,53	34,35	16,33 ab	20,73	149,23	0,68	0,8 a	0,8
G26	15,67 bce	38,87 bce	16,07 ab	32,93 bce	234,7 bc	2,52 bce	0,8 a	3,1 bce
G29	16 bce	37,43 bce	16,17 ab	34,9 abce	239,17 bc	2,82 bce	0,8 a	3,3 abce
G33	15,33 bce	36,57 bce	15,7 ab	31,23 be	227 bc	2,65 bce	0,8	3 bce
G41	13,63 e	30	14,4	26,53 e	208,23 bc	2,31 bce	0,8	2,7 bce
G42	13,53	33,78	14,67	30,07 be	192,8 bc	2,25 bce	0,8 abe	2,9 bce
G61	15,43 bce	36,17 c	16,07 ab	32 bce	235,87 bc	2,49 bce	0,8 a	3,1 bce
Bima 9 (a)	15,47	35,51	13,47	27,73	217,53	2,14	0,7	2,3
Bima16(b)	12,07	31,41	13,87	23,07	141,5	0,86	0,7	1
Pertiwi3(c)	13,4	29,5	15,4	26	135,7	1,37	0,8	1,5
Bisi18 (d)	16,83	40,29	16,5	32,9	305,67	3,21	0,8	3,9
P31 (e)	11,9	31,54	15,2	18,6	191,13	1,24	0,7	1,1

Keterangan: Ptkl = panjang tongkol, Dmtkl = diameter tongkol, J_bars = jumlah baris, J_biji = jumlah biji per baris, B1000 = bobot 1.000 biji, rend = rendemen, Hsl = hasil, BTKB = berat tongkol kupasan basah.

Angka yang diikuti oleh huruf a berbeda sangat nyata dengan pembanding Bima-9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima-16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi-2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi-18 dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P-31 pada BNT_{0,01}

Tabel 8. Rata-rata hasil biji (t/ha) jagung hibrida progeni CML538/DMRYCL yang berbeda nyata dengan tiga atau lebih hibrida pembanding pada kondisi cekaman kekeringan.

Hibrida	PTkl	DmTkl	J_bars	J_biji	B1000	BTKB	rend	Hasil
G45	16,07 bce	39,27 bce	14,67	32,13 bce	223,27 bc	2,8 bce	0,8 a	3,3 bc
G47	11,07	34,27	14,8 a	19,33	175,83	0,76	0,8	0,9
G51	15,1 be	29,83	14,73	27 e	247,03 bce	1,49	0,8	1,6
G53	16,17 bce	41,24 abce	16,37 ab	34,9 abce	245,67 bce	3,01 abce	0,8 a	3,4 abce
G54	14,77 be	36,77 bce	15,27 ab	30,77 be	226,37 bc	2,5 bce	0,8	2,8 bce
G57	13,87 be	34,7 c	14,83 a	29,93 be	210,93 bc	2,36 bce	0,8 a	2,7 bce
G58	16,17 bce	36,77 bce	16,37 ab	33,47 bce	238,8 bc	2,95 bce	0,8	3,3 bce
Bima 9 (a)	15,47	35,51	13,47	27,73	217,53	2,14	0,7	2,3
Bi-ma16(b)	12,07	31,41	13,87	23,07	141,5	0,86	0,7	1
Perti-wi3(c)	13,4	29,5	15,4	26	135,7	1,37	0,8	1,5
Bisi18 (d)	16,83	40,29	16,5	32,9	305,67	3,21	0,8	3,9
P31 (e)	11,9	31,54	15,2	18,6	191,13	1,24	0,7	1,1

Keterangan : Ptkl = panjang tongkol, Dmtkl= diameter tongkol, J_bars= jumlah baris, J_biji= jumlah biji per baris, B1000= berat 1000 biji, rendm= rendemen, Hsl = hasil, BTKB=berat tongkol kupasan basah.

Angka yang diikuti dengan huruf a, berbeda sangat nyata dengan pembanding Bima 9, huruf b berbeda sangat nyata dengan Bima 16, huruf c berbeda sangat nyata dengan Pertiwi 2, huruf d berbeda sangat nyata dengan Bisi 18 dan huruf e berbeda sangat nyata dengan P31 pada BNT_{0,05}

transpirasi dengan penggulungan daun, menutup stomata, dan mempercepat senescence, namun hal tersebut justru menurunkan laju fotosintesis untuk menghasilkan fotosintat yang ditranslokasi ke biji sehingga hasil biji menjadi rendah.

Analisis Kluster Hibrida

Ditinjau dari nilai rata-rata setiap karakter agronomi, fisiologi, dan komponen hasil, maka hibrida yang diuji belum dapat memberikan gambaran perbedaan secara menyeluruh antarhibrida. Analisis kluster dilakukan untuk mengelompokkan hibrida berdasarkan karakter agronomi, fisiologi, dan komponen hasil. Pengelompokan hibrida dengan analisis kluster ditentukan oleh jarak *Euclid* dan metode *K-means* dengan lima kluster dengan pertimbangan dalam penelitian ini digunakan lima hibrida pembanding.

Berdasarkan analisis kluster hibrida progeni CML505/NEI9008-, sebagian hibrida pembanding berbeda dengan kluster yang lain. Hibrida progeni CML505/NEI9008- umumnya mirip dengan hibrida Bima-9 (Tabel 9) dan terdapat 38 hibrida yang berada dalam satu kluster dengan Bima-9. Hibrida pembanding Bisi-18 dan Bima-16 masing-masing berbeda dengan hibrida yang lain. Kluster 3 yang terdiri atas enam hibrida berbeda kelompok dengan hibrida pembanding. Tanda titik pada Gambar 1a dan 1b menunjukkan anggota hibrida dalam kluster.

Hibrida-hibrida progeni CML538/DMRYCML- seperti hibrida CML505/NEI9008- kebanyakan satu kluster dengan hibrida Bima-9. Hibrida Bima-16 terpisah dan memiliki kluster tersendiri. Hibrida G50 bersama hibrida pembanding Pertiwi-3 berada dalam kluster 4, sedangkan hibrida G47 dan G56 berada dalam kluster 3 dengan Pioneer-31. Keanggotaan hibrida dalam kluster disajikan pada Gambar 2a dan 2b.

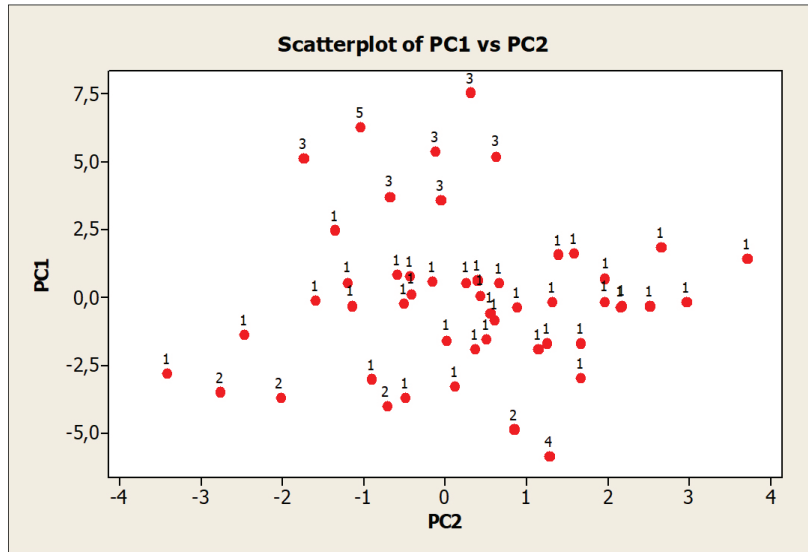
KESIMPULAN

Karakter agronomi, fisiologi, dan komponen hasil yang berkorelasi dengan hasil masing masing adalah tinggi tanaman, tinggi letak tongkol, diameter batang, luas daun, klorofil daun, kadar air daun (RWC), luas bukaan stomata, bobot tongkol kupasan basah, panjang tongkol, jumlah tongkol panen, jumlah biji per baris, dan bobot 1.000 biji. Skor penggulungan daun, penuaan daun dan suhu daun merupakan karakter fisiologi yang berkorelasi negatif nyata dengan hasil, demikian pula karakter agronomi umur berbunga betina, umur berbunga jantan dan ASI.

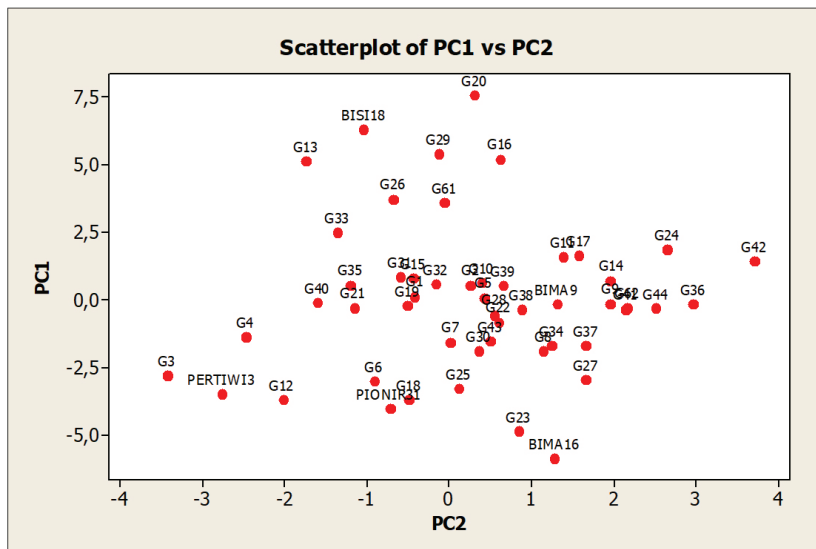
Hibrida CML505/NEI9008-9-5-B-B-B-B//CY11, CML538/DMRYCML-2-7-B-B-B-B//MAL03, CML538/DMRYCML-5-5-B-B-B-B//MAL03, CML505/NEI9008-9-4-B-B-B-B//CY11, CML505/

Tabel 9. Pengelompokan jagung hibrida progeni CML505/NEI9008- dan CML538/DMRYCML-

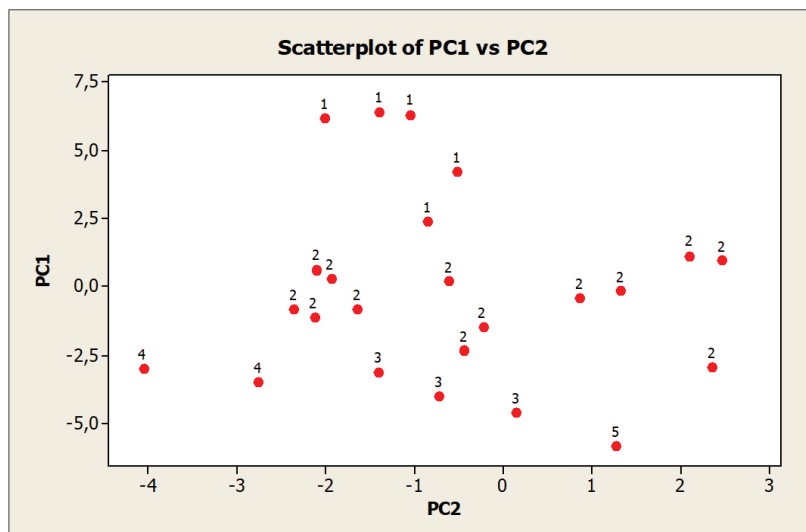
Kluster	Jumlah hibrida	Hibrida/progeni
CML505/NEI9008-		
1	39	Bima-9, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G14, G15, G17, G18, G19, G21, G22, G24, G25, G27, G28, G30, G31, G32, G33, G34, G35, G36, G37, G38, G39, G40, G41, G42, G43, G44, G62
2	4	Pertiwi-3, Pionir-31, G23, G12
3	6	G13, G16, G20, G26, G29, G61
4	1	Bima-16
5	1	Bisi-18
CML538/NEI9008-		
1	5	Bisi-18, G45, G53, G54, G58
2	13	Bima-9, G46, G48, G49, G51, G52, G55, G57, G59, G60, G63, G64, G65
3	3	Pioneer-31, G47, G56
4	2	Pertiwi-3, G50
5	1	Bima-16



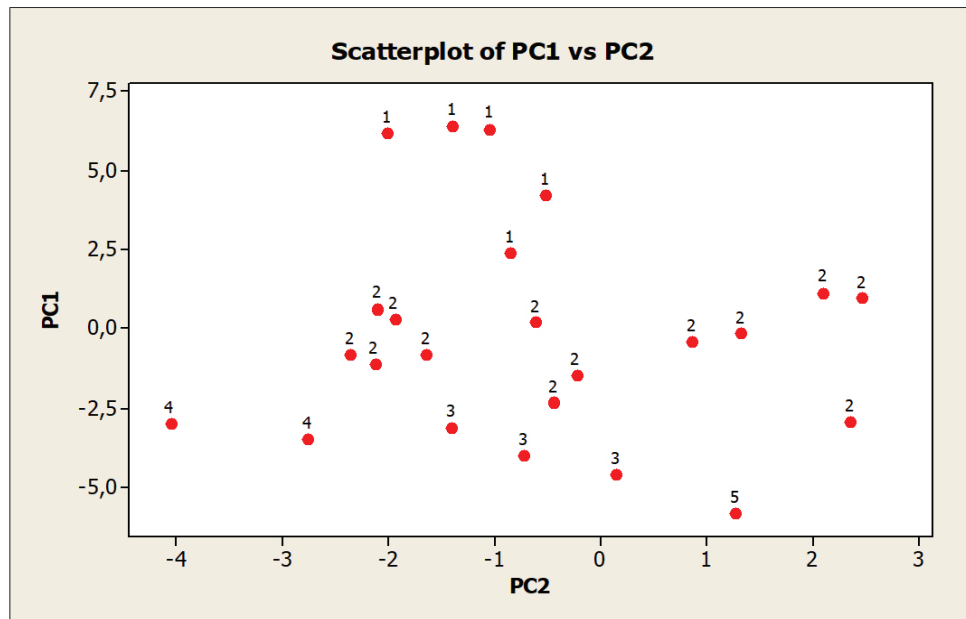
Gambar 1a. Sebaran titik anggota kluster hibrida progeneri CML505/NEI9008- dari skor komponen utama PC1 dan PC2



Gambar 1b. Titik sebaran hibrida keanggotaan kluster hibrida progeni CML505/NEI9008- dari skor komponen utama PC1 dan PC2



Gambar 2a. Titik sebaran anggota kluster hibrida progeni CML538/DMRYCML- dari skor komponen utama PC1 dan PC2



Gambar 2a. Titik sebaran anggota kluster hibrida progeni CML538/DMRYCML- dari skor komponen utama PC1 dan PC2

NEI9008-18-2-B-B-B-B/CY11, CML505/NEI9008-9-1-B1-B-B-B//CY11, CML538/DMRYCML-1-3-B-B-B-B//CY11, CML505/NEI9008-14-1-B-B-B-B//B11209, CML505/NEI9008-29-2-B-B-B-B//CY11, dan CML505/NEI9008-21-2-B-B-B-B//MAL03 memberikan hasil yang lebih tinggi (3,0-3,9 t/ha) dan berbeda nyata dengan pembandingan Bima-9, Bima-16, Pertiwi-3, dan P-3.

Hibrida progeni CML505/NEI9008-9-5-B-B-B-B dan CML538/DMRYCML-1-3-B-B-B-B sebagian besar lebih mirip dengan hibrida Bima-9, sedangkan hibrida Bima-16 berbeda dengan hibrida lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balitsereal atas dukungan dana pada kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Peneliti, Kepala Kebun Balitsereal, Teknisi (Abdul Hafid), Siswa-Siswa SMK Pertanian Soppeng dan Mahasiswa Sekolah Tinggi Pertanian Sinjai yang membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adriani A., M. Azrai, W.B. Suwarno, dan S.H. Sutjahjo. 2015. Pendugaan keragaman genetik dan heritabilitas hibrida jagung silang puncak pada perlakuan cekaman kekeringan. *Informatika Pertanian* 24 (1) : 91-99.

Aisyah, S. 2014. Keragaan Genetik Galur Jagung di Dua Lingkungan pada Kondisi Cekaman Kekeringan dan Pemupukan Nitrogen Rendah. Tesis (Tidak dipublikasikan). Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.

Araus JL, Serret MD, Edmeades GO. 2012. Phenotyping maize for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology* 3:1-20.

Azrai, M. 2013. Hibrida jagung Genjah : prospek pengembangan menghadapi perubahan iklim. *IPTEK tanaman pangan* 8 (2) : 1- 7.

BPS [Internet]. 2015. Data Produksi Tanaman Pangan. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. [Diakses pada tanggal 20 Juli 2016]. Tersedia di: http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datatp.

BBSDLP (Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia). 2014. Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Laporan Teknis No. 1/ BBSDLP/10/2014, Edisi 1th. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 62 hlm.

Banziger, M., G.O. Edmeades, and H.R. Lafitte. 1999. Selection for drought tolerance increase maize yields a cross a range of nitrogen levels. *Crop Sci.* 39: 1035-1040.

Banziger, M.S, Mugo and G. O. Edmeades. 2000. Breeding for drought tolerance in tropical maize – conventional approach and challenges to molecular approaches. In Ribaut, J.-M and D. Poland (ed.s) *Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water limited environments. A strategic planning Workshop held at CIMMYT El Batan, Mexico 21-25 June 1999.* Mexico D.F.: CIMMYT. p. 69-72.

- 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: 2050-2062.
- Betrán, F.J., D. Beck, M. Bänziger, and G.O. Edmeades. 2003. Secondary traits in parental inbreds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. *Field Crops Research* 83: 51-65.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use-efficiency, and yield potential: are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Aus. Agri. Research* 56: 1159-1168.
- Creellman R.A., Mason H.S., Bensen R.J., Boyer J.S. and Mullet J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid causes differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedling. *Plant Cell. London (GB)*. Preager. 92:205-214.
- Cattivelli, L., F. Rizza, F. Badeck, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare', A. Tondelli, and A.M Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research* 105:1-14.
- Denmead, O.T and R.H. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron.* 52:272-274.
- Edmeades, G. O., J. Bolanos, and H.R. Lafitte. 1992. Program in breeding for drought tolerance in maize. *Proceeding of the 47th annual corn and sorghum industry. Research conference ASTA*. Washington. DC.
- Earl H.J. dan R.F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agron. J.* (95): 688-696.
- Efeoglu B, Ekmekci Y, Çiçek N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany* 75:34-42.
- Efendi, R. 2009. Metode Dan Karakter Seleksi Toleransi Genotipe Jagung Terhadap Cekaman Kekeringan. Tesis. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Efendi, R. and M. Azrai. 2010. Tanggap genotipe jagung terhadap cekaman kekeringan: peranan akar. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(1):1-10.
- Efendi, R. 2015. Perakitan Varietas Jagung (*Zea mays* L.) Hibrida dan Sintetik Toleran Cekaman Kekeringan dan Nitrogen Rendah. Disertasi. Makassar. Program Pasca Sarjana. Universitas Hasanuddin. 196 hlm.
- Efendi, R., M. Aqil, A.T. Makalau dan M. Azrai. 2016. Sidik lintas dalam penentuan karakter seleksi jagung toleran cekaman kekeringan. *Informatika Pertanian* 25 (2) : 171 – 180.
- Fischer, K. S., E.C. Johnson, and G.O. Edmeades. 1983. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. CIMMYT, Mexico.
- Gorashy, S.R., J.W. Pendleton, R.L. Bernard and M.E. Barner. 1971. Effect of leaf pubescence on transpiration, photosynthetic rate, and seed yield of three Near Isogenic Lines of soybeans. *Crop Sci* 11:426-427.
- Isnaeni, M. 2008. Pendugaan Nilai Daya Gabung Dan Heterosis hibrida jagung Toleran Cekaman Kekeringan. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Kramer, P. J. 1980. Drought stress and the origin of adaptation. In Turner, Kramer (eds) *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. John Wiley and Sons. Canada
- Lu, Y., Z. Hao, C. Xie, J. Crossa, J.-L. Araus, 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.
- Lopes, M.S., J.L. Araus, P.D.R. van Heerden, and C.H. Foyer. 2011. Enhancing drought tolerance in C4 crops. *Journal of experimental botany* 62 (9) : 3135-3153.
- Maddonni, G.A. and M.E. Otegui. 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Research* 48: 81-87.
- 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.
- Mulyani, A., S. Ritung dan I. Las. 2011. Potensi dan ketersediaan sumber daya lahan untuk mendukung ketahanan pangan. *J. Litbang Pertanian* 30:73-80.
- Monneveux P., C. Sañchez, D. Beck, and G. O. Edmeades. 2005. Drought tolerance improvement in tropical maize source populations: Evidence of progress. *Crop Sci.* (46): 180-191.
- Sammons D.J., Peters D.B. and Hymowitz T. 1980. Screening Soybeans for Tolerance to Moisture Stress. *Field Crops Res.* 3: 321-335.

- Sujiprihati,S., M. Azrai dan A. Yuliandry. 2006. Keragaan Genotipe jagung bermutu protein tinggi (QPM) di dua tipologi lahan yang berbeda. *Agrotropika* 11 (1) : 90-100
- Sheffield, J and E.F Wood. 2008. Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. *Climate Dynamic* 31(1):79-105.