

Toleransi Sejumlah Kultivar Kacang Tanah terhadap Cekaman Kekeringan

Tolerance of Several Peanut Cultivars against Drought Stress

AHMAD RIDUAN[‡], HAJRIAL ASWIDINNOOR, JAJAH KOSWARA, SUDARSONO*

Departemen Budi Daya Pertanian, Faperta, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680

Diterima 7 April 2004/Disetujui 19 Januari 2005

The objectives of this experiments were to determine the effects of drought stress initiated at vegetative growth stage on yield of peanut, to evaluate the tolerance of six peanut cultivars against drought stress, and to determine their leaf prolin and total sugar content. One group of peanut plants were grown in plastic pots and subjected to stress condition during the period of 15-45 days (Experiment I) or 15-80 days (Experiment II) by watering them only in every 4-7 days and were harvested at days 75 (Experiment I) or at maturity (Experiment II). The other group was grown optimally in plastic pot up to harvest period. Leaf prolin content was determined at 12 (before stress), 30 (after three periods of stress), 47 (after six periods of stress), and 64 days in Experiment I and only after six periods of drought stress in Experiment II. Results indicated that drought stress that was initiated at vegetative growth stage reduced plant height, branches number, shoot and root dry weight, and peanut yield. Sensitivity index calculated based on peanut yield showed that peanut cv. Jerapah and Singa were a medium tolerance while Gajah, Kelinci, Macan, and Simpai were sensitive against drought stress. Higher increased in leaf proline content after drought stress was observed in peanut cv. Jerapah and Singa, while less increased was observed in peanut cv. Gajah, Kelinci, Macan and Simpai. Total leaf sugar content of peanut cv. Jerapah, Gajah, Macan and Simpai decreased under drought stress while that of Singa and Kelinci were the same as that under optimal condition. The ability to increase leaf proline content and maintain total leaf sugar content under drought stress could be used as indicators of drought tolerance in peanut cultivars.

PENDAHULUAN

Di Indonesia kacang tanah merupakan palawija terpenting kedua setelah kedelai dan merupakan tanaman penghasil uang tunai penting bagi petani. Produktivitas kacang tanah di tingkat petani relatif rendah akibat penanaman genotipe kacang tanah berdaya hasil rendah, serangan hama dan penyakit, atau akibat kondisi cekaman lingkungan terutama kekeringan (Singh *et al.* 1990).

Kekeringan merupakan satu kendala budi daya kacang tanah, yang menyebabkan kehilangan hasil hingga 40% (Chapman *et al.* 1993a). Tingginya penurunan hasil tersebut berhubungan dengan proses inisiasi dan pemanjangan ginofor, penurunan jumlah polong, dan akhirnya penurunan jumlah serta bobot biji per tanaman (Chapman *et al.* 1993b). Cekaman kekeringan yang terjadi pada fase vegetatif juga berpengaruh negatif terhadap indeks luas daun, perkembangan tunas baru, dan nisbah tajuk-akar (Kramer 1983). Pada kedelai, cekaman kekeringan pada fase vegetatif dapat menurunkan tinggi tanaman, jumlah buku, panjang akar, bobot kering akar, dan tajuk (Sunaryo 2002).

Salah satu mekanisme tanaman untuk bertahan terhadap terjadinya cekaman kekeringan dilakukan dengan cara

mengatur potensial osmotik sel, terutama jika cekaman kekeringan yang terjadi meningkat secara gradual dari cekaman ringan menjadi berat (Levitt 1980; Blum 1996). Potensial osmotik sel dapat diatur dengan meningkatkan konsentrasi prolina dan gula total terlarut. Kedua senyawa organik tersebut dapat menurunkan potensial air sel tanpa menghambat fungsi enzim dan tidak mengurangi turgor sel. Prolina dilaporkan berperan penting dalam menjaga turgor sel dan pertumbuhan akar pada kondisi potensial air rendah (Sharp 1994; Ober & Sharp 1994; Mullet & Whillsitt 1996), sedangkan gula dilaporkan berfungsi dalam menjaga stabilitas membran lapis ganda dan melindungi protein agar tetap fungsional (Darbyshire 1974).

Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat diduga berdasarkan besarnya penurunan relatif berbagai peubah pertumbuhan dan hasil, perubahan kandungan prolina dan gula total daun pada kondisi lingkungan optimal dan pada kondisi tercekam. Pendekatan tersebut telah digunakan oleh peneliti untuk mengidentifikasi toleransi terhadap cekaman kekeringan pada tanaman gandum (Dencic *et al.* 2000), jagung (Kitbanmroong & Chatachume 1993), kacang tanah (Fernandez 1993), dan kedelai (Sunaryo 2002).

Tujuan percobaan ini untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan yang terjadi sejak fase vegetatif terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah, serta mengevaluasi toleransi, kandungan prolina dan gula total daun dari enam kultivar kacang tanah dalam kondisi lingkungan optimal dan pada kondisi lingkungan tercekam.

[‡]Alamat kini: Jurusan Budi Daya Pertanian, Faperta, Universitas Jambi, Jalan Mendalo Raya Km. 15, Kampus UNJA Mendalo, Jambi 36361

*Penulis untuk korespondensi, Tel./Fax. +62-251-629353,
E-mail: agrspsipb@indo.net.id

BAHAN DAN METODE

Bahan Tanaman dan Penanaman. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler Tanaman, Departemen Budi Daya Pertanian, Faperta, IPB, Bogor dari bulan Februari hingga Desember 2003. Pada Percobaan I digunakan dua kultivar kacang tanah yaitu Kelinci dan Singa; sedangkan pada Percobaan II digunakan enam kultivar (Jerapah, Singa, Gajah, Kelinci, Macan, dan Simpai). Kacang tanah cv. Jerapah dan Singa dilaporkan toleran, Gajah, dan Kelinci adalah medium sedangkan Macan dan Simpai tergolong peka terhadap cekaman kekeringan (Hidayat *et al.* 1999; Susilawati 2003).

Benih kacang tanah berasal dari koleksi Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik (Balitbiogen), Bogor. Benih kacang tanah ditanam dalam pot plastik (ϕ 45 cm) berisi media campuran tanah:kompos (1:1) sebanyak 10 kg. Tanaman dipelihara sesuai dengan metode baku pemeliharaan kacang tanah di rumah kaca dengan pemupukan NPK (2 g/pot). Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara optimal.

Percobaan I. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan. Percobaan I dilakukan untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan vegetatif dan awal pertumbuhan generatif. Percobaan disusun dengan rancangan lingkungan acak kelompok dan rancangan perlakuan faktorial yang terdiri atas kondisi lingkungan (optimal dan cekaman kekeringan) dan kultivar kacang tanah (Kelinci dan Singa). Unit percobaan terdiri atas satu pot plastik yang ditanami tiga tanaman. Setiap kombinasi perlakuan diulang 4 kali.

Tanaman dalam kondisi lingkungan optimal diberi air sampai dengan kapasitas lapang hingga berumur 75 hari sesudah tanam (HST). Tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan dipelihara dalam kondisi optimal hingga 15 HST, disiram setiap 4-7 hari sekali (sehari setelah muncul gejala layu pada 70% daun dari masing-masing tanaman) pada umur 15 HST hingga 45 HST, dan dipelihara dalam kondisi optimal hingga berumur 75 HST. Tanaman kacang tanah mulai menunjukkan gejala layu pada 70% daun ketika kandungan air tanah mencapai 60%-70% kapasitas lapang, dihitung berdasarkan jumlah air yang disiramkan untuk mencapai kapasitas lapang.

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman pada 30 dan 75 HST, jumlah cabang, panjang dan bobot kering akar, bobot kering tajuk, umur berbunga, jumlah ginofor, bobot kering polong muda, dan kandungan prolina daun.

Percobaan II: Pengaruh Cekaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil. Percobaan II dilakukan untuk mengetahui pengaruh cekaman kekeringan yang terjadi sejak fase vegetatif hingga fase pengisian polong terhadap hasil kacang tanah. Percobaan disusun dengan rancangan lingkungan acak kelompok dan rancangan perlakuan faktorial yang terdiri atas kondisi lingkungan (optimal dan cekaman kekeringan) dan enam kultivar kacang tanah (Jerapah, Singa, Gajah, Kelinci, Macan, dan Simpai). Unit percobaan terdiri atas satu pot plastik yang ditanami dua tanaman. Setiap kombinasi perlakuan diulang 4 kali.

Tanaman dalam kondisi lingkungan optimal diberikan air sampai dengan kapasitas lapang hingga panen. Tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan dipelihara dalam kondisi optimal hingga 15 HST, disiram setiap 4-7 hari sekali (sehari setelah muncul gejala layu pada 70% daun dari masing-masing tanaman) pada umur 15 HST hingga 80 HST, dan dipelihara dalam kondisi optimal hingga panen.

Pengamatan dilakukan terhadap umur berbunga, tinggi tanaman pada saat berbunga dan panen, panjang dan berat kering akar, jumlah dan bobot kering polong total, jumlah dan bobot kering polong isi, jumlah dan bobot kering biji serta bobot 100 biji, kandungan prolina dan gula total daun.

Toleransi kacang tanah terhadap cekaman kekeringan dinilai dengan indeks kepekaan terhadap cekaman (S) (Fischer & Maurer 1978) dengan rumus:

$$S = (1 - Y/Y_p) / (1 - X/X_p)$$

Y = nilai pengamatan untuk satu kultivar pada kondisi cekaman kekeringan, Y_p = nilai pengamatan untuk satu kultivar pada kondisi optimal, X = nilai pengamatan untuk semua kultivar dalam kondisi cekaman kekeringan, X_p = nilai pengamatan untuk semua kultivar dalam kondisi optimal.

Nilai S dihitung berdasarkan peubah jumlah dan bobot kering polong serta jumlah dan bobot kering biji. Kacang tanah dikelompokkan menjadi toleran jika $S < 0.5$, medium jika $0.5 < S < 1$, dan peka terhadap cekaman kekeringan jika $S > 1$.

Analisis Kandungan Prolina dan Gula Total Daun. Kadar prolina dianalisis berdasarkan metode Bates *et al.* (1973). Daun kedua dari pucuk dipanen dan dikeringkan dalam inkubator berisi silica gel. Daun kering (0.2 g) digerus dan dihomogenasi dengan 10 ml asam sulfosalisilat (3% b/v). Setelah disentrifugasi dengan kecepatan 4100xg selama 15 menit menggunakan *Eppendorf table top centrifuge*, 2 ml supernatan yang didapat direaksikan dengan 2 ml larutan asam ninhidrin 0.14 M (dengan komposisi ninhidrin 1.25 g, asam asetat glasial 30 ml, dan H_3PO_4 6 M, 20 ml) dan 2 ml asam asetat glasial serta dipanaskan di atas penangas air hingga suhu 100 °C selama 60 menit. Reaksi diakhiri dengan mendinginkan larutan dalam air es selama 5 menit. Hasil reaksi diekstraksi dengan 4 ml toluene (99.5%) sehingga terbentuk kromofom dan absorbansi kromofomnya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Sebagai standar digunakan *DL-Proline* (Sigma) yang dilarutkan dalam asam sulfosalisilat (3% b/v).

Kandungan gula total daun dari tanaman yang diuji dianalisis berdasarkan metode Irigoyen *et al.* (1992). Daun kedua dari pucuk yang telah dikeringkan (0.2 g) digerus dan diekstrak dua kali dengan 20 ml etanol (80% v/v) yang telah dipanaskan. Campuran disentrifugasi dengan kecepatan 4100xg dengan *Eppendorf table top centrifuge* selama 15 menit, supernatan yang didapat dipisahkan, dan volumenya ditera kembali sehingga mencapai volume 100 ml dengan menambahkan air. Untuk mendeteksi kandungan gula total, 1 ml supernatan ditambah 1 ml air dan direaksikan dengan 5 ml reagen *anthrone* 0.01 M (dengan komposisi 100 mg *anthrone*, 50 ml 95% H_2SO_4) pada suhu 100 °C selama 12 menit. Reaksi diakhiri dengan mendinginkan larutan dalam air es selama

5 menit. Kandungan gula total ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Sebagai standar digunakan larutan glukosa yang direaksikan dengan 5 ml reagen *anthrone*.

Untuk tanaman yang diberi perlakuan kondisi lingkungan optimal dalam Percobaan I, contoh daun untuk analisis prolina dipanen dari tanaman yang berumur 15 HST, 32 HST, 47 HST, dan 64 HST. Sedangkan untuk tanaman yang diberi perlakuan cekaman, contoh daun dipanen dari tanaman yang berumur 15 HST (sebelum cekaman), 32 HST (setelah 3x periode cekaman), dan 47 HST (setelah 6x periode cekaman). Pada Percobaan II, contoh daun untuk analisis prolina dan gula total dari tanaman dalam kondisi optimal dan dalam kondisi cekaman kekeringan dipanen dari tanaman sesudah 6 kali periode cekaman.

HASIL

Pengaruh Cekaman terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif. Perlakuan cekaman kekeringan pada fase vegetatif nyata menurunkan tinggi tanaman pada saat berbunga dan pada 75 HST, jumlah cabang, bobot kering tajuk dan akar, serta jumlah dan bobot kering ginofor. Sedangkan panjang akar tidak dipengaruhi oleh cekaman kekeringan pada fase vegetatif (Tabel 1). Penurunan tinggi tanaman pada 30 HST akibat cekaman kekeringan pada fase vegetatif lebih besar pada kacang tanah cv. Singa (-22%) dibandingkan dengan Kelinci (-15%). Sebaliknya, bobot kering tajuk dan bobot kering polong total, penurunannya lebih besar pada kacang tanah cv. Kelinci (-29% dan -76%) dibandingkan Singa (-19% dan -47%).

Korelasi positif yang nyata ditemukan antar pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman pada 30 HST, bobot akar kering, dan bobot kering tajuk), antar awal pertumbuhan generatif (jumlah ginofor dan bobot polong muda kering), serta antar pertumbuhan vegetatif dan awal generatif (Tabel 2). Peningkatan pertumbuhan vegetatif nyata berkorelasi positif dengan peningkatan pertumbuhan generatif kacang tanah.

Pengaruh Cekaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil. Perlakuan cekaman kekeringan dari fase vegetatif hingga pengisian polong berpengaruh negatif terhadap tinggi

tanaman, bobot kering tajuk dan akar dari enam kultivar kacang tanah yang diuji sedangkan panjang akar tidak dipengaruhi oleh cekaman kekeringan (Tabel 3). Periode cekaman kekeringan tersebut juga berpengaruh negatif terhadap jumlah dan bobot kering polong total, jumlah dan bobot kering

Tabel 2. Koefisien korelasi antar berbagai peubah pertumbuhan dalam kondisi cekaman kekeringan fase vegetatif (15-45 hari sesudah tanam)

Peubah	TT30	TT75	JCb	JGn	BAK	BKT	BKP
TT30	-	0.8**	0.6**	0.8**	0.5	0.7**	0.8**
TT75		-	0.4	0.8**	-0.1	0.3	0.6**
JCb			-	0.7**	0.5*	0.7**	0.8**
JGn				-	0.3	0.4	0.8**
BAK					-	0.9**	0.6*
BKT						-	0.8**
BKP							-

*nyata pada $\alpha=5\%$, **nyata pada $\alpha=1\%$. TT30 dan TT75 = tinggi tanaman 30 HST dan 75 HST, JCb dan JGn = jumlah cabang dan ginofor, BAK dan BKT = bobot akar dan tajuk kering, BKP = bobot polong muda kering

Tabel 3. Pengaruh cekaman kekeringan fase vegetatif hingga pengisian polong (15-80 HST) terhadap tinggi tanaman, bobot tajuk kering, panjang dan bobot akar kering enam kultivar kacang tanah

Peubah	Lingkungan		Penurunan (%)
	Optimum	Cekaman	
Tinggi tanaman umur 30 HST (cm)			
Jerapah	33.0a	23.7b	-28
Singa	38.0a	26.7b	-30
Gajah	35.0a	28.7b	-18
Kelinci	31.0a	20.3b	-35
Macan	37.0a	27.3b	-26
Simpai	38.0a	28.0b	-26
Tinggi tanaman saat panen (cm)			
Jerapah	48.0a	39.0b	-19
Singa	86.7a	37.0b	-57
Gajah	60.7a	34.3b	-43
Kelinci	61.7a	26.0b	-58
Macan	57.3a	34.3b	-40
Simpai	67.0a	33.3b	-50
Bobot kering tajuk (g/tanaman)			
Jerapah	15.0a	6.7b	-55
Singa	30.8a	12.8b	-58
Gajah	23.0a	7.9b	-66
Kelinci	16.3a	7.7b	-53
Macan	20.2a	9.2b	-54
Simpai	26.3a	7.5b	-71
Panjang akar (cm)			
Jerapah	43.3a	47.3a	9
Singa	55.7a	42.3a	-24
Gajah	46.3a	36.0a	-22
Kelinci	45.7a	45.0a	-2
Macan	50.7a	39.0a	-23
Simpai	49.0a	44.7a	-9
Bobot kering akar (g/tanaman)			
Jerapah	2.1a	0.9b	-57
Singa	1.9a	1.8b	-5
Gajah	2.0a	0.8b	-60
Kelinci	1.5a	0.7b	-53
Macan	1.6a	1.3b	-19
Simpai	2.1a	0.9b	-57

Untuk masing-masing peubah, huruf yang sama pada baris data yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha=0.05$. Penurunan=[(OPT-CKM)/OPT]x100%, OPT=tanaman dalam kondisi optimal, dan CKM=tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan

Tabel 1. Hasil dan komponen hasil kacang tanah cv. Kelinci dan Singa pada kondisi lingkungan optimal dan cekaman kekeringan fase vegetatif (15-45 hari sesudah tanam [HST])

Peubah	Kelinci			Singa		
	OPT	CKM	P (%)	OPT	CKM	P (%)
Tinggi tanaman 30 HST	35.2a	29.9b	-15	37.2a	29.0b	-22
Tinggi tanaman 75 HST	73.6a	63.9b	-13	70.5a	59.9b	-15
Jumlah cabang	4.8a	3.3b	-31	4.8a	4.0b	-17
Bobot kering tajuk (g)	14.2a	9.6b	-32	19.8a	14.3b	-28
Panjang akar (cm)	25.8a	28.6a	11	31.3a	31.0a	-1
Bobot kering akar (g)	1.0a	0.7b	-30	1.5a	1.3b	-13
Umur berbunga (HST)	25.5b	29.0a	14	26.8a	26.5a	-1
Jumlah ginofor	29.0a	13.9b	-52	22.8a	14.1b	-38
Bobot polong kering (g)	24.8a	9.4b	-62	27.8a	11.0b	-60

Untuk masing-masing kultivar, huruf yang sama pada baris data yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha=0.05$. OPT = tanaman dalam kondisi optimal, CKM = tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan, dan P = persentase penurunan, [(OPT-CKM)/OPT]x100%

polong isi, serta jumlah dan bobot kering biji, namun tidak berpengaruh terhadap bobot 100 biji kacang tanah (Tabel 4). Pada percobaan ini, korelasi positif yang nyata juga ditemukan antar pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman saat 30 HST dan saat panen, panjang dan bobot kering akar), hasil (jumlah dan bobot kering polong total serta jumlah dan bobot kering polong isi), dan antar pertumbuhan vegetatif dengan hasil (Tabel 5).

Tabel 4. Hasil dan komponen hasil enam kultivar kacang tanah pada kondisi lingkungan optimal dan cekaman kekeringan fase vegetatif (15-45 hari sesudah tanam)

Peubah	Lingkungan		Penurunan (%)
	Optimum	Cekaman	
Jumlah polong total			
Jerapah	23.3a	12.0b	-48
Singa	16.3a	13.7b	-16
Gajah	20.0a	9.3b	-54
Kelinci	22.3a	11.7b	-48
Macan	22.7a	11.0b	-52
Simpai	21.3a	8.7b	-59
Bobot kering polong total (g/tanaman)			
Jerapah	31.6a	14.0b	-56
Singa	32.3a	12.5b	-61
Gajah	45.8a	10.0b	-78
Kelinci	37.0a	11.7b	-68
Macan	42.2a	10.9b	-74
Simpai	34.7a	12.6b	-64
Jumlah polong isi			
Jerapah	19.7a	5.7b	-71
Singa	10.0a	3.3b	-67
Gajah	14.3a	5.0b	-65
Kelinci	12.7a	3.7b	-71
Macan	17.3a	4.0b	-77
Simpai	14.3a	6.0b	-58
Bobot kering polong isi (g/tanaman)			
Jerapah	28.3a	10.9b	-61
Singa	27.4a	7.9b	-71
Gajah	32.3a	8.2b	-75
Kelinci	29.8a	6.7b	-78
Macan	34.8a	5.0b	-86
Simpai	31.0a	9.8b	-68
Jumlah biji			
Jerapah	29.8a	11.0b	-63
Singa	32.3a	12.3b	-62
Gajah	37.0a	10.7b	-71
Kelinci	46.0a	11.0b	-76
Macan	30.5a	10.3b	-66
Simpai	21.7a	7.8b	-64
Bobot kering biji (g/tanaman)			
Jerapah	17.2a	5.1b	-70
Singa	17.0a	5.2b	-69
Gajah	25.6a	4.2b	-84
Kelinci	22.0a	4.3b	-80
Macan	22.6a	3.7b	-84
Simpai	16.3a	2.8b	-83
Bobot kering 100 biji			
Jerapah	56.0a	46.7a	-17
Singa	53.0a	44.5a	-16
Gajah	68.7a	39.1b	-43
Kelinci	47.9a	38.0a	-21
Macan	74.5a	36.0b	-52
Simpai	77.2a	34.7b	-55

Untuk masing-masing peubah, huruf yang sama pada baris data yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha=0.05$. Penurunan= $[(OPT-CKM)/OPT] \times 100\%$, OPT=tanaman dalam kondisi optimal, dan CKM=tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan

Indeks kepekaan terhadap cekaman (S) dari jumlah dan bobot kering polong isi serta jumlah dan bobot biji kering kacang tanah mengindikasikan bahwa enam kultivar yang diuji tidak ada yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Tanggap tanaman terhadap cekaman kekeringan yang diduga menggunakan nilai S berdasarkan jumlah dan bobot kering polong isi, atau jumlah biji per tanaman tidak dapat mengelompokkan enam kultivar yang diuji ke dalam kelompok yang sesuai (Jerapah dan Singa tergolong toleran) sedangkan empat kultivar yang lain peka terhadap cekaman kekeringan (Tabel 6). Sebaliknya, nilai S yang dihitung berdasarkan peubah bobot kering biji mampu mengelompokkan kacang tanah cv. Jerapah dan Singa ke dalam satu kelompok toleran (toleransinya medium), sedangkan empat kultivar yang lain tergolong peka terhadap cekaman kekeringan (Tabel 6). Nilai S berdasarkan bobot kering biji memberikan hasil yang lebih akurat untuk menduga toleransi tanaman kacang tanah terhadap cekaman kekeringan (Tabel 6).

Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Kandungan Prolina dan Gula Total Daun. Kandungan prolina daun pada lingkungan optimal umur 15 HST, 32 HST, 47 HST, dan 64 HST tidak berbeda nyata, yaitu berkisar antara 1106 mg/g hingga 2614 mg/g bobot kering untuk kacang tanah cv. Kelinci dan 1536 mg/g hingga 2577 mg/g bobot kering untuk Singa (Gambar 1). Pada kondisi kekeringan, kandungan prolina daun

Tabel 5. Koefisien korelasi antar berbagai peubah pertumbuhan, hasil, dan komponen hasil dalam kondisi cekaman kekeringan fase vegetatif hingga pengisian polong (15-80 hari sesudah tanam)

Peubah	TT30	TTPn	BKA	PJA	JPT	JPI	BKPT	BKPI	Prolina	Gula
TT30	-	0.8**	0.5**	0.3	0.6**	0.6**	0.6**	0.7**	-0.6**	0.2
TTPn		-	0.4*	0.4*	0.6**	0.5**	0.6**	0.7**	-0.5**	-0.1
BKA			-	0.5**	0.6**	0.5**	0.5**	0.5**	-0.3	0.3
PJA				-	0.2	0.2	0.2	0.3	-0.1	0.2
JPT					-	0.9**	0.8**	0.9**	-0.4*	0.0
JPI						-	0.8**	0.9**	-0.5**	0.1
BKPT							-	0.9**	-0.6**	0.1
BKPI								-	-0.6**	0.0
Prolina									-	0.0
Gula										-

*Nyata pada $\alpha=5\%$, **Nyata pada $\alpha=1\%$. TT30 dan TTPn=tinggi tanaman 30 HST dan saat panen, BKA dan PJA=bobot kering dan panjang akar, JPT dan JPI=jumlah polong total dan polong isi, BKPT dan BKPI=bobot kering polong total dan polong isi, Prolina dan Gula=kandungan prolina dan gula total daun

Tabel 6. Indeks kepekaan terhadap cekaman (S) yang dihitung berdasarkan peubah jumlah atau bobot kering (BK) polong isi serta jumlah atau BK biji yang dipanen dan toleransi enam kultivar kacang tanah terhadap cekaman kekeringan fase vegetatif hingga pengisian polong (15-80 hari sesudah tanam)

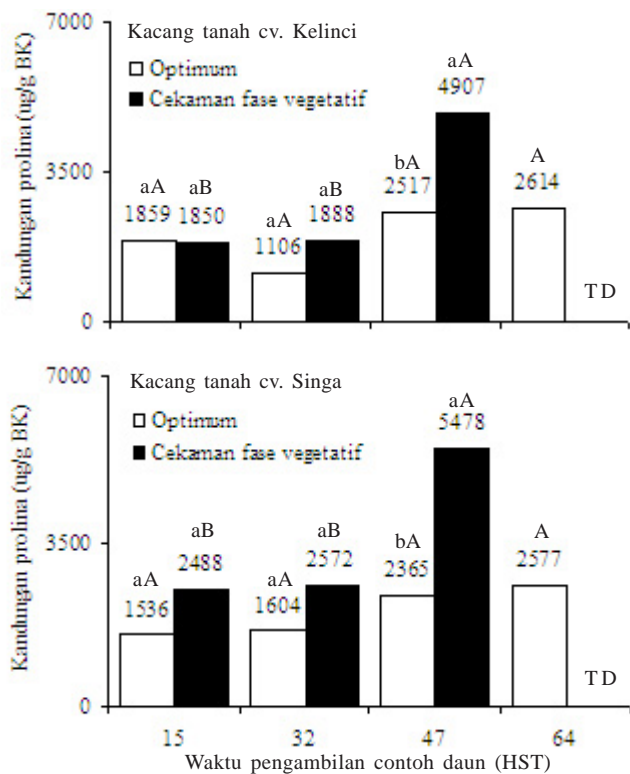
Peubah untuk menghitung nilai S	S					
	Jerapah	Singa	Gajah	Kelinci	Macan	Simpai
Jumlah polong isi	1.04 (P)*	0.97 (M)	0.95 (M)	1.03 (P)	1.12 (P)	0.85 (M)
BK polong isi	0.84 (M)	0.97 (M)	1.01 (P)	1.05 (P)	1.16 (P)	0.93 (M)
Jumlah biji	0.93 (M)	0.90 (M)	1.04 (P)	1.12 (P)	0.97 (M)	0.94 (M)
BK biji	0.89 (M)	0.87 (M)	1.06 (P)	1.02 (P)	1.06 (P)	1.05 (P)

S=nilai indeks kepekaan terhadap cekaman kekeringan. *Huruf dalam kurung menunjukkan pengelompokkan toleransi ke dalam toleran (T) jika $S \leq 0.5$, medium (M) jika $0.5 < S \leq 1$, atau peka (P) terhadap cekaman kekeringan jika $S > 1$

umur 15 HST (sebelum stres) tidak berbeda nyata dengan umur 32 HST (sesudah 3x periode stres) sedangkan kandungan prolina daun umur 47 HST (sesudah 6x periode stres) nyata lebih tinggi dibandingkan umur 15 HST dan 32 HST (Gambar 1).

Persentase peningkatan kandungan prolina (Gambar 1) saat umur 32 HST pada tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan untuk kacang tanah cv. Kelinci sebesar 71% sedangkan untuk kacang tanah cv. Singa sebesar 60%. Cekaman kekeringan meningkatkan kandungan prolina daun kacang tanah cv. Kelinci pada umur 47 HST sebesar 95% sedangkan cv. Singa sebesar 132% dibandingkan dengan tanaman dalam kondisi optimal (Gambar 1).

Pada kondisi cekaman dari 15 HST hingga 80 HST, kandungan prolina daun setelah 6 periode cekaman kekeringan nyata lebih tinggi dibandingkan daun tanaman dalam kondisi lingkungan optimal (Tabel 7). Kacang tanah cv. Jerapah dan Singa dalam kondisi lingkungan cekaman kekeringan masing-masing mempunyai persentase peningkatan kandungan prolina daun paling tinggi (177% dan 242%) sedangkan persentase peningkatan kandungan prolina daun kacang tanah cv. Gajah dan Simpai yang terkecil (55% dan 37%). Kandungan prolina daun setelah 6 kali periode stres berkorelasi negatif



Gambar 1. Kandungan prolina daun yang dipanen pada berbagai umur tanaman kacang tanah pada kondisi lingkungan optimal dan cekaman kekeringan fase vegetatif (15-45 hari sesudah tanam [HST]). TD=tidak dilakukan pengukuran kandungan prolina. Huruf kecil yang sama mengindikasikan dalam lingkungan yang sama, data untuk waktu pengambilan contoh daun tidak berbeda nyata; sedangkan huruf kapital yang sama mengindikasikan dalam waktu pengambilan contoh yang sama, data lingkungan optimal dan cekaman tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha = 0.05$.

Tabel 7. Kandungan prolina dan gula total daun enam kultivar kacang tanah pada kondisi lingkungan optimal dan cekaman kekeringan fase vegetatif hingga pengisian polong (15-80 hari sesudah tanam)

Peubah	Lingkungan		Peningkatan (%)
	Optimum	Cekaman	
Prolina daun ($\mu\text{g/g}$ bobot kering)			
Jerapah	3738b	10341a	177
Singa	2293b	7837a	242
Gajah	3677b	5709a	55
Kelinci	3737b	7433a	99
Macan	2820b	5443a	93
Simpai	5931b	8105a	37
Gula total daun ($\mu\text{g/g}$ bobot kering)			
Jerapah	2173a	1311a	-40
Singa	1350a	1570a	16
Gajah	1634a	1527a	-7
Kelinci	1457a	1850a	27
Macan	1738a	1488a	-14
Simpai	1670a	1262a	-24

Untuk masing-masing peubah, huruf yang sama pada baris data yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha=0.05$. Peningkatan dihitung dengan rumus = [(CKM-OPT)/OPT] x 100%, CKM = tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan, OPT = tanaman dalam kondisi optimal

dengan tinggi tanaman pada 30 HST dan saat panen, jumlah dan bobot kering polong total, jumlah dan bobot kering biji (Tabel 5).

Kandungan gula total daun dalam kondisi cekaman kekeringan dari 15 HST hingga 80 HST tidak berbeda nyata dibandingkan dengan dalam kondisi optimal (Tabel 7). Kacang tanah cv. Singa dan Kelinci yang mempunyai nilai kandungan gula total daun positif (16% dan 27%) sedangkan empat kultivar kacang tanah yang lain mempunyai nilai negatif, yaitu: -7% hingga -40% (Tabel 7). Kandungan gula total daun setelah 6 kali periode stres tidak berkorelasi dengan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman kacang tanah (Tabel 5).

PEMBAHASAN

Cekaman kekeringan pada fase vegetatif menyebabkan menurunnya pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah, kecuali panjang akar tidak dipengaruhi oleh cekaman kekeringan. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa peningkatan volume dan panjang akar merupakan salah satu mekanisme tanaman untuk mengatasi cekaman kekeringan (Jones *et al.* 1981).

Cekaman kekeringan yang dimulai dari fase vegetatif juga berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan reproduktif. Cekaman kekeringan yang dimulai sejak fase vegetatif menghasilkan polong dan biji kacang per tanaman lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman dalam kondisi optimal. Periode 15-30 HST dilaporkan merupakan periode pertumbuhan cepat tanaman kacang tanah, yang memerlukan tersedianya air dalam jumlah cukup. Berkurangnya ketersediaan air pada periode tersebut menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman kacang tanah, sehingga meskipun pada fase pertumbuhan selanjutnya ketersediaan air kembali menjadi normal, hasil kacang tanah yang didapat telah mengalami penurunan

sebagaimana ditunjukkan dalam percobaan ini. Korelasi yang nyata antar berbagai pertumbuhan vegetatif dan hasil kacang tanah dalam kondisi cekaman kekeringan memungkinkan penggunaan pengamatan pertumbuhan untuk menapis toleransi kacang tanah terhadap cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan yang terjadi pada fase vegetatif menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan pembelahan dan pemanjangan sel. Cekaman kekeringan juga menyebabkan terhambatnya aktivitas fotosintesis dan translokasi fotosintat (Yakushiji *et al.* 1998; Savin & Nicolas 1996). Pada kedelai, cekaman kekeringan menyebabkan gugurnya bunga dan polong dan menurunkan hasil biji (Sloane *et al.* 1990).

Kacang tanah cv. Jerapah dan Singa dilaporkan sebagai kultivar kacang tanah yang toleran, sedangkan toleransi kacang tanah cv. Gajah dan Kelinci tergolong medium, kacang tanah cv. Macan dan Simpai tergolong peka terhadap cekaman kekeringan (Hidayat *et al.* 1999; Susilawati 2003). Berdasarkan pada indeks kepekaan terhadap cekaman pada penelitian ini, toleransi kacang tanah c.v Jerapah dan Singa tergolong medium sedangkan cv. Gajah, Kelinci, Macan, dan Simpai tergolong peka terhadap cekaman kekeringan. Pengurangan pemberian air dalam penelitian ini diduga menyebabkan kondisi cekaman yang sangat berat bagi tanaman kacang tanah sehingga hasil kacang tanah yang dipanen mengalami penurunan yang nyata.

Dalam keadaan optimal, kandungan prolina daun pada berbagai umur tanaman tidak berbeda nyata. Hal yang sama juga didapatkan pada tanaman kacang tanah yang mengalami cekaman kekeringan antara umur 15 HST hingga 32 HST. Sebaliknya, peningkatan kandungan prolina nyata terlihat pada tanaman kacang tanah yang mengalami stres yang berlanjut hingga 47 HST. Waktu pengambilan contoh daun untuk analisis kandungan prolina merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan. Kandungan prolina daun merupakan salah satu mekanisme tanaman untuk mencegah pengaruh negatif terjadinya kekeringan (Kim & Janick 1991). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kandungan prolina meningkat sejalan dengan meningkatnya cekaman kekeringan (Yang & Kao 1999; Girousse *et al.* 1996).

Persentase peningkatan kandungan prolina daun pada kacang tanah cv. Jerapah dan Singa yang toleransinya medium jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kultivar kacang tanah yang peka terhadap cekaman kekeringan. Yoshida *et al.* (1997) melaporkan bahwa tanaman toleran kekeringan mampu mengakumulasi prolina pada daun lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang peka. Peningkatan kandungan prolina pada daun juga ditemukan pada tanaman yang toleran salinitas (Delauney & Verma 1993).

Irigoyen *et al.* (1992) menyatakan kandungan gula daun tanaman alfalfa meningkat pada kondisi kekeringan ringan. Dengan meningkatnya intensitas cekaman kekeringan, kandungan gula total daun tanaman menurun dibandingkan dengan tanaman dalam kondisi optimal. Namun pada tanaman sorghum kandungan gula daun sebagai respon terhadap cekaman kekeringan tidak berbeda antara tanaman yang peka dan yang toleran (Massacci *et al.* 1996).

Walaupun kandungan gula total daun dalam kondisi lingkungan cekaman kekeringan tidak efisien untuk indikator penilaian toleransi kacang tanah terhadap cekaman kekeringan, peningkatan kandungan gula total daun kacang tanah yang peka mempunyai nilai negatif sedangkan yang toleran mempunyai nilai positif dibandingkan dengan dalam kondisi optimal. Dengan demikian, selain peningkatan kandungan prolina pada daun, kemampuan untuk menjaga kandungan gula total daun agar tidak menurun dalam kondisi cekaman diduga merupakan mekanisme untuk mentolerir kondisi cekaman kekeringan pada kacang tanah. Diantara dua mekanisme tersebut, kacang tanah cv. Jerapah meningkatkan kandungan prolina, kacang tanah cv. Kelinci mempertahankan kandungan gula total daun, sedangkan kacang tanah cv. Singa mampu meningkatkan kandungan prolina pada daun dan menjaga kandungan gula total daunnya dalam kondisi cekaman kekeringan. Dengan dua mekanisme tersebut kacang tanah cv. Singa lebih mampu menghadapi cekaman dan mempertahankan hasil kacang tanah dalam kondisi kekeringan dibandingkan kacang tanah cv. Jerapah atau Kelinci.

Berdasarkan indeks kepekaan terhadap cekaman menggunakan bobot kering biji per tanaman disimpulkan toleransi kacang tanah cv. Jerapah dan Singa tergolong medium sedangkan Gajah, Kelinci, Macan, dan Simpai tergolong peka terhadap cekaman kekeringan pada fase vegetatif hingga awal generatif. Peningkatan kandungan prolina daun dalam kondisi lingkungan cekaman kekeringan dapat digunakan sebagai indikator toleransi cekaman kekeringan pada kacang tanah, tetapi waktu yang tepat untuk pengukuran kandungan prolina perlu dievaluasi. Dalam percobaan ini, prolina ditentukan setelah enam kali periode cekaman kekeringan (30 hari dari awal perlakuan cekaman).

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagian penelitian ini dibiayai oleh Hibah Penelitian Tim Pascasarjana (HPTP), Angkatan I: Rekayasa genetika dan seleksi *in vitro* untuk mendapatkan plasma nutfah kacang tanah dengan novel characters – toleran stres kekeringan dan resisten penyakit busuk batang *Sclerotium*, No. Kontrak 340/P4T/DPPM/IV/2003, tanggal 25 April 2003. Departemen Pendidikan Nasional, Republik Indonesia. A Riduan mendapatkan biaya pendidikan dari beasiswa TMPD untuk pendidikan program doktor di IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- Bates LS, Waldren RP, Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soils* 39:205-207.
- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Reg* 20:135-148.
- Chapman SC, Ludlow MM, Blamey FPC, Fischer KS. 1993a. Effects of drought at pod filling on utilization of water and growth of cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crop Res* 32:243-255.
- Chapman SC, Ludlow MM, Blamey FPC, Fischer KS. 1993b. Effects of drought during early reproductive development on growth of cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) II: biomass production, pod development and yield. *Field Crop Res* 32:211-225.

- Darbyshire B. 1974. The function of the carbohydrate units of three fungal enzyme in their resistance to dehydration. *Plant Physiol* 54:717-721.
- Delauney AJ, Verma DPS. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J* 4:215-233.
- Dencic S, Kastori R, Kobiljski B, Duggan B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat and landraces near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113:43-52.
- Fernandez GCJ. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Di dalam: *Proceeding Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Taipei, 13-18 Agu 1992. hlm 257-270.
- Fischer RA, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars I: grain yield responses. *Aust J Agric Res* 29:897-912.
- Girousse C, Bournoville R, Bonnemain JL. 1996. Water deficit-induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap alfalfa. *Plant Physiol* 111:109-113.
- Hidayat JR, Kartaatmadja S, Astuti S. 1999. Teknik Produksi Benih Kacang Tanah. Malang: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Irigoyen JJ, Emerich DW, Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol Plant* 84:55-60.
- Jones MM, Turner NC, Osmond CB. 1981. Mechanism of drought resistance. Di dalam: Paleg LG, Aspinall D (ed). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. New York: Academic Pr. hlm 15-53.
- Kim YH, Janick J. 1991. Abscisic acid and proline improve desiccation tolerance and increase fatty acid content of celery somatic embryos. *Plant Cell Tis Org Cult* 24:83-89.
- Kitbanmroong C, Chatachume Y. 1993. Crop improvement for drought tolerance. Di dalam: *Proceeding Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Taipei, 13-18 Agu 1992. hlm 257-270.
- Kramer PJ. 1983. *Water Relations of Plants*. New York: Academic Pr.
- Levitt J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. New York: Academic Pr.
- Massacci A, Battistelli A, Loreto F. 1996. Effects of drought stress on photosynthetic characteristics, growth and sugar accumulation of field sweet sorghum. *Aust J Plant Physiol* 23:331-340.
- Mullet JE, Whilsitt MS. 1996. Plant cellular responses to water deficit. *Plant Growth Reg* 20:119-1224.
- Ober ES, Sharp RE. 1994. Proline accumulation in maize (*Zea mays* L) primary roots at low water potential. *Plant Physiol* 105:981-987.
- Savin R, Nicolas ME. 1996. Effect of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Aust J Plant Physiol* 23:201-210.
- Sharp RE. 1994. Comparative sensitivity of root and shoot growth and Physiology to low water potential. *Monograph British Soc Plant Growth Reg* 21:13-27.
- Singh AK, Soetjpto, Mangesha MH. 1990. Groundnut in Indonesia. *Internat Arachis News Let* 7:4-6.
- Sloane RJ, Patterson RP, Carter TE. 1990. Field drought tolerance of soybean plant introduction. *Crop Sci* 30:118-123.
- Sunaryo W. 2002. Regenerasi dan evaluasi variasi somaklonal kedelai (*Glycine max* (L) Merr.) hasil kultur jaringan serta seleksi terhadap cekaman kekeringan menggunakan simulasi polyethilene glycol (PEG) [Tesis]. Bogor: Faperta, Institut Pertanian Bogor.
- Susilawati PN. 2003. Respons 16 kultivar kacang tanah unggul nasional (*Arachis hypogaea* L.) terhadap kondisi cekaman akibat perlakuan penyiraman PEG6000 dan evaluasi daya regenerasi embrio somatiknya secara in vitro [Tesis]. Bogor: Faperta, Institut Pertanian Bogor.
- Yakushiji H, Morinaga K, Nonami H. 1998. Sugar accumulation and partitioning in Satsuma Mandarin tree tissue and fruit in response to drought stress. *J Amer Soc Hort Sci* 123:719-726.
- Yang CW, Kao CH. 1999. Importance of ornithine- δ -transferase to proline accumulation caused by water stress in detached rice leaves. *Plant Growth Reg* 27:189-192.
- Yoshiba Y, Kiyoue T, Nakashima K, Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K. 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiol* 38:1095-1102.