

Pola Akumulasi Prolin dan Poliamin Beberapa Aksesori Tanaman Terung pada Cekaman Kekeringan

Proline and Polyamine Accumulation Patterns of Eggplant Accessions in Respond to Drought Stress

Siti Kurniawati^{1*}, Nurul Khumaida², Sintho Wahyuning Ardie², N. Sri Hartati¹, dan Enny Sudarmonowati¹

¹Pusat Penelitian Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong, Bogor 16911, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 28 Agustus 2013/Disetujui 24 Januari 2014

ABSTRACT

Drought stress is one of the major limiting factors for plant growth and production. Therefore, the mechanism of drought tolerance is important to be studied. Eggplant (*Solanum* spp.) is relatively tolerant to drought stress compared to other member of Solanaceae family. The objective of this study was to study the mechanism of drought tolerance in eggplant related to accumulation pattern of proline and polyamines. Seven eggplant accessions were drought stressed for 21 days and rewatered for the following next 7 days. Drought stress treatment significantly decreased the soil water content and reduced plant height of all accessions. Eggplant responded the drought stress by reducing stomatal density and stomatal opening to reduce transpiration rate. Drought stress also induced proline and polyamine (PA) accumulation in the leaf tissues. These accumulations started at 14-days after drought stress period when soil water content less than 20% and reached their peaks at 21 days after drought stress. The highest level of proline ($134.70 \mu\text{mol g}^{-1}$) and that of putrescine (20.836 ng g^{-1}) could be used as indicators for eggplant drought stress condition.

Keywords: physiological responses, polyamine (PA), proline, putrescine, stomata

ABSTRAK

Kekeringan merupakan salah satu faktor lingkungan utama yang dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Oleh karena itu, mempelajari mekanisme adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan menjadi topik penelitian yang sangat penting. Terung (*Solanum* spp.) termasuk salah satu tanaman sayuran yang cukup memiliki ketahanan terhadap kekeringan jika dibandingkan dengan anggota dari keluarga Solanaceae lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari mekanisme adaptasi beberapa aksesori tanaman terung terhadap cekaman kekeringan terutama pola akumulasi senyawa osmotikum prolin dan poliamin. Penelitian ini menggunakan 7 aksesori terung yang mendapatkan perlakuan cekaman kekeringan selama 21 hari dan 7 hari pengairan kembali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cekaman kekeringan secara nyata menurunkan kadar air media yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan tanaman pada semua aksesori terung. Respon tanaman terung ketika tercekam kekeringan ditunjukkan dengan penurunan kerapatan jumlah stomata dan persentase stomata terbuka untuk mengurangi laju transpirasi yang berlebihan. Kekeringan juga menyebabkan terjadinya akumulasi senyawa prolin dan poliamin (PA) pada jaringan daun terung. Akumulasi prolin terjadi sejak 14 HSP cekaman kekeringan ketika kadar air media mencapai kurang dari 20% dan akumulasi meningkat pada 21 HSP cekaman kekeringan. Kadar prolin tertinggi ($134.70 \mu\text{mol g}^{-1}$) dan kadar putresin tertinggi (20.836 ng g^{-1}) dapat dijadikan indikator tercekamnya terung terhadap kekeringan.

Kata kunci: respon fisiologi, poliamin (PA), prolin, putresin, stomata

PENDAHULUAN

Terung (*Solanum melongena* L., Solanaceae) merupakan salah satu tanaman sayuran yang tumbuh pada iklim hangat, mempunyai manfaat luas sebagai sumber vitamin dan mineral (Demir *et al.*, 2010), khususnya

kandungan zat besi yang lebih baik jika dibandingkan dengan tomat (Kashyap *et al.*, 2002). Tanaman ini dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Produksi terung di Indonesia tahun 2012 (518,448 ton) jauh lebih rendah jika dibandingkan produksi tomat (887,556 ton) dan kentang (1,068,800 ton) (BPS, 2013). Namun berdasarkan data FAO tahun 2011, Indonesia merupakan negara penghasil terung ke enam dunia setelah China, India, Iran, Mesir dan Turki meski masih dalam jumlah yang jauh lebih kecil dari China

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: kurniawatie@gmail.com

dan India. Perhatian terhadap komoditas terung di Indonesia terutama dalam pemuliaan tanaman masih sangat kurang. Oleh karena itu perbaikan tanaman terung perlu dilakukan.

Selain kandungan nutrisi, menurut Behboudian (1977) tanaman terung memiliki sifat ketahanan terhadap kekeringan yang tinggi dibandingkan tanaman sayuran lainnya. Tanaman terung lebih tahan terhadap kekeringan dan curah hujan yang tinggi jika dibandingkan dengan tomat, tetapi pertumbuhannya akan terhambat pada kondisi suhu tinggi yang dapat menyebabkan kekerdilan tanaman (Chen dan Li, 1996). Kekeringan merupakan faktor lingkungan utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan stabilitas produksi tanaman. Tanaman dengan sifat toleransi yang baik terhadap berbagai cekaman abiotik dan salah satunya adalah kekeringan menjadi topik yang menarik untuk dipelajari.

Pada dasarnya, tanaman memiliki mekanisme tertentu untuk mempertahankan diri terhadap cekaman kekeringan dan cekaman lain yang ditimbulkan oleh cekaman kekeringan. Respon morfologi dan struktur anatomi daun terkait dengan mekanisme adaptasi terhadap kekeringan pada terung telah diteliti oleh Fu *et al.* (2013), diperoleh hasil bahwa kerapatan dan jumlah trikoma bagian atas daun terung lebih tinggi serta meningkat sekitar 20% pada kondisi tercekam sedangkan jumlah kloroplas per sel lebih rendah dan bentuknya menjadi bulat dengan struktur membran yang rusak, jumlah granula *osmiophilic* meningkat dan jumlah butir pati menurun. Menurut Radwan (2007), cekaman dapat memacu tanaman untuk beradaptasi secara morfologi dan anatomi.

Mekanisme toleransi terhadap kekeringan selain berkurangnya kerapatan dan pembukaan stomata untuk meminimalisir kehilangan air di bawah kondisi cahaya berlebihan yaitu dengan mengakumulasi senyawa prolin yang berfungsi untuk pengaturan tekanan osmotik sel (*osmotic adjustment*). Akumulasi prolin dapat menurunkan potensial osmotik sehingga menurunkan potensial air dalam sel tanpa membatasi fungsi enzim dan menjaga turgor sel (Tuasamu, 2009). Senyawa terlarut lain yang terakumulasi dan berperan dalam proses pengaturan tekanan osmotik adalah fruktan, trehalosa, manitol, ononitol, mio-inositol, glisin betain dan poliamin (Krasensky dan Jonak, 2012). Poliamin (putresin, spermidin dan spermin) mempunyai peran yang sangat penting sebagai respon pertahanan tanaman dari cekaman abiotik terutama terkait dengan jalur metabolisme hormon saat tercekam dan sinyal *reactive oxygen species* (ROS) (Alcázar *et al.*, 2012).

Penelitian terkini telah banyak dipelajari mengenai peranan poliamin yang dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap berbagai macam cekaman abiotik seperti cekaman osmotik (salinitas), kekeringan, intensitas cahaya tinggi, logam berat, defisiensi mineral, variasi pH dan radiasi sinar UV. Peningkatan toleransi tersebut diduga karena sifat polikationik dari poliamin yang dapat mengikat kuat asam nukleat, protein dan fosfolipid sehingga akumulasinya dapat memodulasi keseimbangan jalur biosintesis (Gupta *et al.*, 2013). Penelitian dengan pemberian kombinasi perlakuan poliamin dan inhibitor biosintesisnya pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa penurunan pemberian poliamin menyebabkan terjadinya penurunan persentase

perkecambahan, serta pertumbuhan panjang akar dan tunas (Amooaghaie, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pola akumulasi senyawa osmotikum prolin dan poliamin beberapa aksesori tanaman terung sebagai respon terhadap cekaman kekeringan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari 2012 sampai dengan Maret 2013 di Rumah Kaca dan Laboratorium Genetika Molekuler Tanaman dan Modifikasi Jalur Biosintesa, Pusat Penelitian Bioteknologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong-Bogor. Bahan tanaman yang digunakan adalah enam (6) aksesori terung yang berasal dari beberapa daerah di Indonesia dan varietas Panjalu F1 sebagai aksesori pembanding. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok dengan 2 faktor dan 3 kelompok. Faktor pertama adalah aksesori terung yang terdiri atas 7 taraf, yaitu Panjalu F1 sebagai aksesori pembanding, aksesori 098, aksesori 155, aksesori 414, aksesori 754, aksesori 772, dan aksesori 827. Faktor kedua adalah kondisi cekaman kekeringan yang terdiri atas 2 taraf, yaitu kontrol (tanaman disiram sesuai volume kebutuhan pada kondisi kadar air media awal) dan cekaman kekeringan (tanaman tidak disiram dan dibiarkan mendapat cekaman kekeringan selama 21 hari). Perlakuan cekaman kekeringan merujuk pada metode Yue *et al.* (2006) yang dimodifikasi serta metode Easlon dan Richards (2009) pada tanaman tomat yaitu penghentian penyiraman dilakukan ketika tanaman memiliki 6 lembar daun dengan luas daun penuh dan seragam. Kapasitas pulih tanaman dilakukan dengan cara menghentikan cekaman kekeringan setelah 21 hari berdasarkan penelitian pendahuluan dengan dugaan bahwa kadar air media sudah mengalami penurunan sampai 10% air tersedia. Penyiraman tanaman (*rewatering*) dilakukan sesuai volume pada kondisi kadar air media awal hingga 7 hari berikutnya.

Penurunan status kadar air media (KAM) dan kadar air relatif (KAR) daun diukur pada 0, 7, 14, 21 hari setelah perlakuan (HSP) dan 7 hari setelah *rewatering*. Pertambahan tinggi tanaman diukur pada hari ke 0 dan 21 HSP sedangkan kerapatan stomata dan pembukaan stomata diamati pada 21 HSP cekaman kekeringan. Bobot kering tajuk dan akar ditimbang pada 21 HSP. Pengukuran prolin dilakukan berdasarkan metode Bates *et al.* (1973) yang dimodifikasi menggunakan spektrofotometer selama periode cekaman yaitu pada 0, 7, 14, 21 HSP dan 7 hari setelah *rewatering*. Kandungan poliamin daun pada 21 HSP dianalisis menggunakan HPLC berdasarkan metode Flores dan Galston (1984) yang dimodifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Tanaman Terung terhadap Cekaman Kekeringan

Penentuan periode perlakuan cekaman kekeringan pada tujuh aksesori tanaman terung dilakukan berdasarkan percobaan pendahuluan, dimana penundaan penyiraman selama 21 hari merupakan waktu yang tepat ketika kadar

air media diperkirakan berada di antara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Hal ini ditandai dengan tanaman perlakuan yang mampu pulih dan segar kembali (*recover*) seperti tanaman kontrol setelah dilakukan penyiraman (*rewatering*) mencapai 80%. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa ketujuh aksesi hanya mengalami layu sementara selama 21 HSP dan belum mencapai titik layu permanen meskipun KAM rata-rata perlakuan cekaman kekeringan hampir mencapai 10% (Gambar 1).

Penurunan status kadar air media (KAM) pada cekaman kekeringan nyata lebih rendah dibandingkan KAM kontrol 7 sampai dengan 21 HSP. Bahkan setelah dilakukan penyiraman kembali 7 hari setelah perlakuan cekaman, status KAM pada cekaman kekeringan masih lebih rendah dibandingkan kontrol. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada media campuran tanah: pasir: kompos (1:1:1 v/v/v), nilai KAM sebesar 13% dapat menghambat pertumbuhan tanaman terung. Menurut Hanafiah (2005), untuk memenuhi kebutuhan air, tanaman harus tumbuh pada media tanam dengan kisaran kadar air tanah sebesar 55% (tanah liat), 40% (tanah lempung), dan 15% (tanah berpasir). Jika kadar air media kurang dari kisaran tersebut, maka media harus diairi karena kebutuhan tanaman tidak terpenuhi.

Aksesi 827 mengalami penurunan KAM terbesar, sedangkan aksesi 098 mengalami penurunan KAM terkecil. Kondisi ini berlangsung sampai akhir periode cekaman yaitu pada 21 HSP. Penurunan KAM pada aksesi 827 pada 21 HSP kekeringan mencapai 73% dibandingkan kontrol (kondisi tanpa cekaman) (Gambar 1). Penurunan KAM yang tajam pada aksesi 827 diduga terkait dengan keragaan dan pertumbuhan tanaman. Aksesi 827 memiliki pertumbuhan tajuk tertinggi dibandingkan dengan aksesi lainnya (Gambar

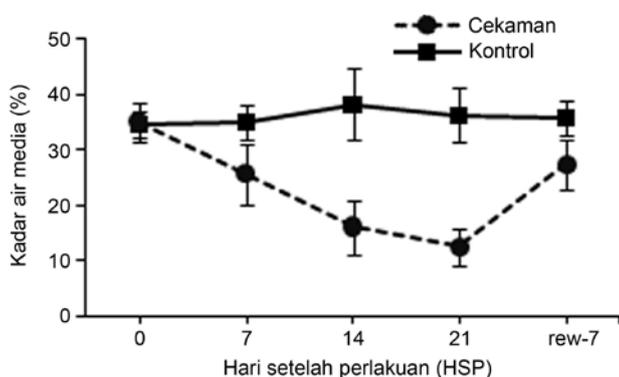
2). Tinggi tajuk berkorelasi positif dengan KAM yang menunjukkan bahwa keragaan tanaman yang besar diduga berimplikasi pada kebutuhan air yang lebih tinggi. Panjalu F1 yang merupakan aksesi pembandingan juga memiliki tajuk yang tinggi. Tinggi tajuk antar aksesi yang digunakan dalam penelitian berbeda nyata, sehingga pertambahan (Δ) tinggi tanaman sejak 0 hingga 21 HSP dihitung untuk melihat pengaruh cekaman kekeringan pada pertumbuhan tanaman terung. Cekaman kekeringan yang secara nyata menurunkan pertambahan tinggi tajuk menunjukkan bahwa cekaman kekeringan menghambat pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif.

Cekaman kekeringan juga menghambat pertumbuhan akar namun tidak berbeda nyata dengan kondisi optimum (Tabel 1). Walaupun cekaman kekeringan menyebabkan hambatan pertumbuhan tajuk dan perpanjangan akar pada tanaman terung, cekaman kekeringan tidak menyebabkan penurunan bobot kering tajuk dan akar seluruh aksesi terung yang diuji (Tabel 1). Penelitian Khan *et al.* (2012) pada tanaman cabai (*Capsicum annum L.*) menunjukkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan penurunan bobot kering tajuk dan bobot kering total. Penelitian Rezaei *et al.* (2012) pada tanaman tomat menunjukkan bahwa penambahan *glycinebetain (osmotic adjustment)* dengan konsentrasi tertentu (5-10 mM) pada kondisi cekaman kekeringan dapat meningkatkan bobot kering daun secara signifikan. Kemampuan tanaman terung untuk mempertahankan bobot kering pada kondisi cekaman kekeringan memberi indikasi bahwa tanaman terung relatif toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan anggota famili Solanaceae lainnya. Penelitian yang dilakukan Sarker dan Hara (2009), tanaman terung (*Solanum melongena L.*) yang diberi kombinasi

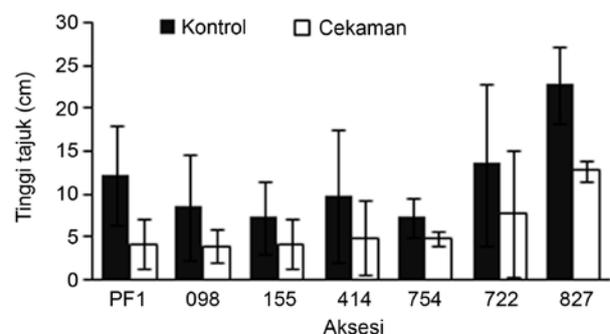
Tabel 1. Rata-rata panjang akar, bobot kering tajuk dan bobot kering akar aksesi terung pada 21 HSP cekaman kekeringan

Perlakuan	Panjang akar (cm)	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	21.36	1.16	1.03
Cekaman	18.97	1.10	1.02
Uji F	tn	tn	tn

Keterangan : tn = tidak berpengaruh nyata pada $\alpha = 0.05$



Gambar 1. Perubahan kadar air media selama 21 hari perlakuan cekaman kekeringan pada terung; Rew = *rewatering*



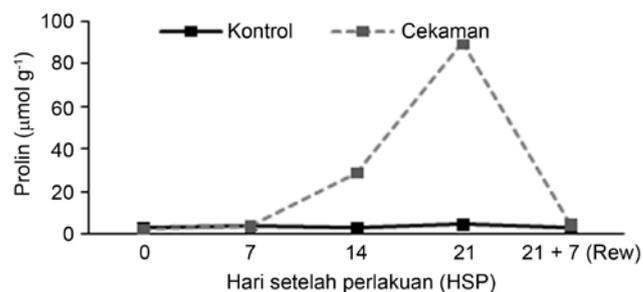
Gambar 2. Rata-rata pertambahan tinggi tajuk tujuh aksesi terung pada 21 HSP kontrol (■) dan cekaman kekeringan (□)

perlakuan cekaman kekeringan dan peningkatan konsentrasi CO₂ menunjukkan terjadinya perubahan struktur pada sel akar tanaman terung. Cekaman kekeringan berkontribusi terhadap akumulasi lemak suberin pada bagian lapisan endodermis dan eksodermis yang menyebabkan penurunan konduktansi hidrolik. Konduktansi hidrolik yang rendah sangat diharapkan ketika terjadi defisit air karena dapat meminimalkan terjadinya transpirasi atau penguapan yang berlebihan.

Perlakuan cekaman kekeringan pada terung sangat nyata menurunkan kerapatan dan persentase stomata terbuka pada 21 HSP serta secara nyata menurunkan kadar air relatif daun menjadi 39.7% (Tabel 2). Dengan demikian, penurunan kerapatan stomata dan persentase stomata terbuka merupakan respon adaptasi tanaman terung untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Menurut penelitian Benesova *et al.* (2012) genotipe jagung yang toleran mempunyai kemampuan untuk mempertahankan stomata tetap dalam kondisi terbuka dan aktif berfotosintesis meskipun berada dalam kondisi dehidrasi. Meskipun pada penelitian ini terjadi penurunan persentase stomata terbuka, namun dalam penelitiannya Sarker *et al.* (2004) menunjukkan bahwa tanaman terung memiliki kemampuan efisiensi pemanfaatan air yang lebih baik jika dibandingkan tanaman tomat terutama pada kemampuannya pulih kembali setelah penyiraman (*rewatering*).

Akumulasi Senyawa Prolin dan Poliamin

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa cekaman kekeringan berpengaruh sangat nyata terhadap akumulasi senyawa prolin pada 14 HSP (28.97 μmol g⁻¹) dan 21 HSP (89.77 μmol g⁻¹) (Gambar 3). Konsentrasi prolin meningkat tajam pada 21 HSP. Meskipun tidak ada interaksi antara ketujuh aksesori dengan perlakuan cekaman kekeringan selama 21 HSP, namun terlihat kecenderungan bahwa aksesori 827 sudah mengalami akumulasi tajam pada 14 HSP dan kemudian terjadi penurunan pada 21 HSP. Aksesori 827 merespon lebih cepat kondisi kekeringan dengan peningkatan senyawa prolin sebagai osmoprotektan untuk mempertahankan potensial osmotik dalam tanaman. Peningkatan prolin tertinggi terjadi pada aksesori pembanding yaitu Panjalu F1 dan aksesori 155 masing-masing sebesar 134.70 μmol g⁻¹ dan 101.18 μmol g⁻¹ yaitu 10-13 kali lebih tinggi dibanding kontrol dan yang terendah pada aksesori 754 sebesar 40.07 μmol g⁻¹ atau 3 kali lebih tinggi dari kontrol (Tabel 3). Peningkatan prolin secara tajam pada akhir periode kekeringan menunjukkan bahwa tanaman dalam



Gambar 3. Rata-rata akumulasi prolin ketujuh aksesori terung pada 0-21 Hari Setelah Perlakuan (HSP) cekaman kekeringan (---■---) dan kontrol (—■—)

keadaan tercekam sangat berat. Hal ini diduga disebabkan oleh penurunan KAM selama periode cekaman. Peningkatan akumulasi prolin pada akhir periode cekaman (21 HSP) berkorelasi negatif dengan penurunan KAM (0.20).

Ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan, karbohidrat dan bahan organik lain akan dirombak untuk mempertahankan potensial osmotik lebih negatif (Mostajeran dan Rahimi-Eichi, 2009) sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap penurunan bobot kering tanaman. Menjaga kestabilan potensial osmotik dilakukan dengan mengakumulasi prolin yang berperan sebagai senyawa osmoregulator (*osmotic adjustment*) dan osmoprotektan bagi membran dan enzim tanaman menghadapi cekaman kekeringan (Hamim *et al.*, 1996). Menurut Alcázar *et al.*, (2011) defisit air dapat memodulasi sinyal kimia dari akar salah satunya adalah asam absisat (ABA) yang dikirim ke tajuk, sehingga menginduksi akumulasi prolin di daun dan menginduksi gen yang berperan dalam biosintesis poliamin (Alcázar *et al.*, 2012), salah satunya adalah gen ADC2 yang terekspresi up-regulation sehingga meningkatkan akumulasi putresin yang dapat membuat tanaman menjadi lebih toleran terhadap cekaman kekeringan (Bitrian *et al.*, 2012). Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman dapat berubah tergantung pada tingkat cekaman dan mekanisme adaptasi yang dilakukan tanaman tersebut (Hapsah *et al.*, 2004). Prolin yang terakumulasi di daun sebagian digunakan sebagai senyawa pelindung terhadap senyawa makromolekul dan enzim dari kerusakan akibat cekaman kekeringan dan sebagian ditanspor ke akar untuk merangsang pertumbuhan akar (Tuasamu, 2009).

Selain prolin, cekaman kekeringan pada aksesori terung juga mengakibatkan peningkatan akumulasi poliamin-bebas (putresin, spermidin dan spermin) pada 21 HSP (Tabel 3). Aksesori yang mengalami peningkatan kandungan poliamin

Tabel 2. Rata-rata kadar air relatif daun, kerapatan stomata, dan persentase stomata terbuka aksesori terung pada 21 HSP cekaman kekeringan

Perlakuan	Kadar air relatif daun (%)	Kerapatan stomata (mm ²)	Stomata terbuka (%)
Kontrol	50.32	631.36	46.67
Cekaman	39.70	506.24	22.94
Uji F	**	**	**

Keterangan : ** = berpengaruh nyata pada α = 0.05

yaitu Panjalu F1, 098, 155, 414, 754, dan 772. Aksesori 827 tidak mengalami peningkatan kandungan poliamin-bebas. Aksesori 155 menunjukkan peningkatan kandungan poliamin terutama putresin hingga mencapai 10 kali dari putresin kontrol. Walaupun tidak terjadi akumulasi putresin pada aksesori 772, tetapi terjadi peningkatan spermidin pada kondisi tercekam. Diduga telah terjadi konversi senyawa putresin menjadi spermidin dengan penambahan *aminopropyl* dari aktivitas *spermidine sintase* (Alcázar *et al.*, 2011).

Kondisi tercekam kekeringan menyebabkan Panjalu F1 yang merupakan aksesori pembanding mengakumulasi prolin paling tinggi (Tabel 3) dan mengalami peningkatan konsentrasi putresin 5x lipat, spermidin 1.5x lipat dan spermin 3x lipat lebih tinggi pada kondisi tercekam kekeringan dibandingkan pada kondisi kontrol (Tabel 3).

Meskipun aksesori 754 tidak mengakumulasi prolin setinggi aksesori lainnya, tetapi pada aksesori 754 terjadi peningkatan putresin yang tinggi hampir mencapai 5x lipat dari kontrol (Tabel 3). Akumulasi senyawa-senyawa tersebut merupakan mekanisme adaptasi tanaman terung ketika tercekam kekeringan.

Menurut Gill dan Tuteja (2010), poliamin merupakan *polycation* sederhana yang sangat berperan sebagai antioksidan ketika terjadi cekaman oksidatif karena dapat menetralkan radikal oksigen bebas, mempunyai kemampuan melindungi membran dan dinding sel serta berperan sebagai *anti-senescence*. Biosintesis putresin yang tinggi diduga merupakan peranan dari aktivitas enzim *arginine decarboxylase* yang dikode oleh gen *ADC (arginine decarboxylase)* (Alcázar *et al.*, 2011).

Tabel 3. Akumulasi poliamin tujuh aksesori terung pada 21 HSP cekaman kekeringan

Aksesori	Prolin		Putresin		Spermidin		Spermin	
µmol g ⁻¹ng g ⁻¹ng g ⁻¹ng g ⁻¹	
	Bobot segar jaringan daun							
	Kontrol	Cekaman	Kontrol	Cekaman	Kontrol	Cekaman	Kontrol	Cekaman
Panjalu F1	7.83±5.31	134.70±21.21	2.848	14.673	6.397	9.886	1.831	6.171
98	4.64±3.16	90.28±47.36	4.714	8.916	6.615	6.333	0.870	1.236
155	4.25±3.19	101.18±16.55	1.976	20.836	2.951	9.752	tt	1.700
414	4.27±1.74	86.96±97.11	3.046	10.144	6.426	6.254	tt	1.609
754	6.47±4.55	40.07±17.55	3.683	17.902	4.376	6.451	tt	tt
772	3.41±2.01	96.35±92.03	8.398	7.152	4.864	7.662	tt	tt
827	5.21±2.03	78.85±11.92	22.018	6.740	12.946	4.529	tt	tt

Keterangan: tt = tidak terukur

KESIMPULAN

Cekaman kekeringan secara nyata menurunkan pertumbuhan tinggi tajuk, kerapatan stomata dan persentase stomata terbuka pada tanaman terung. Akumulasi senyawa prolin dan/atau poliamin berperan penting dalam mekanisme adaptasi tanaman terung terhadap cekaman kekeringan. Prolin maupun poliamin dapat dijadikan indikator bahwa tanaman terung dalam kondisi tercekam kekeringan terutama setelah periode cekaman mencapai 14 sampai 21 hari dengan tingkat akumulasi prolin mencapai di atas 10 kali kondisi tidak tercekam dan kandungan putresin mencapai 10 kali dari kondisi tidak tercekam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) yang telah membiayai penelitian ini melalui beasiswa Pasca Sarjana Tahun 2010, serta M. Ussen yang telah membantu selama melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcázar, R., M. Bitrián, D. Bartels, C. Koncz, T. Altabella, A.F. Tiburcio. 2011. Polyamine metabolic canalization in response to drought stress in *Arabidopsis* and the resurrection plant *Craterostigma plantagineum*. *Plant Signal Behav.* 6:243-250.
- Alcázar, R., M. Bitrián, X. Zarza, A. F. Tiburcio. 2012. Polyamine metabolism and signaling in plant abiotic stress protection. *Recent advances in Pharmaceutical Sciences* 2:29-47.
- Amooghaie, R. 2011. Role of polyamines in the tolerance of soybean to water deficit stress. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 56:498-502.
- Bates, L.S., R.P. Waldorn, I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil.* 39:205-208.

- Behboudian, M.H. 1977. Responses of eggplant to drought. II. Gas exchange parameters. *Sci. Hort.* 7:311-317.
- Benesova, M., D. Hola, L. Fischer, P.L. Jedelsky, F. Hnilicka, N. Wilhelmova, O. Rothova, M. Kocova, D. Prochazkova, J. Honnerova, L. Fridrichova, H. Hnilickova. 2012. The physiology and proteomic of drought tolerance in maize : early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration? *PLoS ONE* 7:e38017.
- Bitrian, M., X. Zarza, T. Altabella, A.F. Tiburcio, R. Alcázar. 2012. Polyamines under abiotic stress: metabolic crossroads and hormonal crosstalks in plants. *Metabolites* 2:516-528.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Statistik Indonesia. Jakarta.
- Chen, N.C., H. M. Li. 1996. Cultivation and breeding of eggplant. Report by Asian Vegetable Research and Development Center.
- Demir, K., M. Bakir, G. Sarikamis, S. Acunalp. 2010. Genetic diversity of eggplant (*Solanum melongena*) germplasm from Turkey assessed by SSR and RAPD markers. *Genet. Mol. Res.* 9:1568-1576.
- Easlon, H.M., J.H. Richards. 2009. Drought response in self-compatible species of tomato (Solanaceae). *Am. J. Bot.* 96:605-611.
- Food and Agriculture Organization. 2011. FAOSTAT Production of crop. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flores, H.E., A.W. Galston. 1984. Osmotic stress-induced polyamine accumulation in cereal leaves. *Plant Physiol.* 75:102-109.
- Fu, Q. S., R.C. Yang, H.S. Wang, B. Zhao, C.L. Zhou, S.X. Ren, Y.D. Guo. 2013. Leaf morphological and ultrastructural performance of eggplant (*Solanum melongena* L.) in response to water stress. *Photosynthetica* 51:109-114.
- Gill, S.S., N. Tuteja. 2010. Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. *Plant Signal. Behav.* 5: 26-33.
- Gupta, K., A. Dey, B. Gupta. 2013. Plant polyamines in abiotic stress responses. *Acta. Physiol. Plant.* 35: 2015-2036.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Hamim, D. Sopandie, M. Jusup. 1996. Beberapa karakteristik morfologi dan fisiologi kedelai toleran dan peka cekaman kekeringan. *Hayati.* 3:30-34.
- Hapsoh, S. Yahya, T.M.H. Oelim, D. Soepandie. 2004. Respon beberapa genotipe kedelai terhadap tingkat cekaman kekeringan tanah Utilisol. *Bul. Agron.* 32:1-8.
- Kashyap, V., S. V. Kumar, C. Collonnier, F. Fusari, R. Haicour, G. L. Rotino, D. Sihachakr, M. V. Rajam. 2002. Biotechnology of eggplant. *Sci. Hort.* 1846: 1-25.
- Khan, M.A.I., M.A. Hoque, A.M. Farooque, U. Habiba, M.A. Rahim. 2012. Physio-morphological features of chilli accessions under moisture stress conditions. *Bangladesh J. Agri. Res.* 37:263-269.
- Krasensky, J., C. Jonak. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *J. Exp. Bot.* 63: 1593-1608.
- Mostajeran, A., V. Rahimi-Eichi. 2009. Effect of drought stress on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. *American J. Agric. & Environ. Sci.* 5:264-272.
- Radwan, A.A.U. 2007. Plant water relations, stomatal behavior, photosynthetic pigments and anatomical characteristics of *Solenostemma arghel* (Del.) hayne under hyper environmental conditions. *Sci. Res.* 2: 80-92.
- Rezaei, M.A., I. Jokar, M. Ghorbanli, B. Kaviani, A. Kharabian-Masouleh. 2012. Morpho-physiological improving effects of exogenous glycine betaine on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. PS under drought stress conditions. *Plant Omics J.* 5:79-86.
- Sarker, B.C., M. Hara, M. Uemura. 2004. Comparison of response of two C3 species to leaf water relation, proline synthesis, gas exchange and water use under periodic water stress. *J. Plant. Bio.* 47:33-41.
- Sarker, B. C., M. Hara. 2009. Effects of elevated CO₂ and water stress on root structure and hydraulic conductance of *Solanum melongena* L. *Bangladesh J. Bot.* 38:55-63.
- Tuasamu, Y. 2009. Toleransi hotong (*Setaria italica* L. Beauv) pada berbagai cekaman kekeringan: pendekatan anatomi dan fisiologi. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yue, B., W. Xue, L. Xiong, X. Yu, L. Luo, K. Cui, D. Jin, Y. Xing, Q. Zhang. 2006. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. *Genetics* 172:1213-1228.