

PERANAN DAN POLA AKUMULASI PROLINE TANAMAN PADA ADAPTASI CEKAMAN KEKERINGAN

Erma Prihastati

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Diponegoro

Semarang Indonesia

Email: eprihast@yahoo.co.id

ABSTRAK

Para ahli klimatologi memperkirakan dampak pemanasan global akan menyebabkan terjadinya periode kekeringan yang lama. Periode kekeringan sering berasosiasi dengan peristiwa ENSO (*El Nino Southern Oscillation*). Dibanding dekade sebelumnya, peristiwa ENSO diramalkan akan lebih sering terjadi di masa datang. Saat musim kering panjang dan berasosiasi dengan peristiwa ENSO sering diiringi oleh penurunan pertumbuhan bahkan kematian tanaman. Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan berusaha untuk melakukan perubahan-perubahan fisiologi sebagai bentuk adaptasinya. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kemampuan tanaman untuk mempertahankan tekanan osmotik dengan mengakumulasi senyawa osmolit sel sebagai respon terhadap perubahan potensial air dari lingkungan sel. Sebagai konsekuensi dari akumulasi ini, potensial osmotik sel lebih rendah dan cenderung untuk menjaga tekanan turgor. Prolin bebas sering terakumulasi selama tanaman mengalami kekeringan yang disebabkan oleh aktivasi biosintesa dan inaktivasi degradasi proline. Seringkali peningkatan jumlah proline dianggap merupakan indikasi toleransi terhadap kekeringan. Namun demikian masih terjadi kontroversi tentang fungsi proteksi dari akumulasi proline karena beberapa kasus menunjukkan jika terjadi *over* produksi proline justru dapat berakibat buruk saat tanaman menghadapi kondisi cekaman kekeringan. Tulisan ini bertujuan mengkaji peranan dan pola akumulasi proline pada tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan.

Kata Kunci: *Prolin, pola akumulasi prolin, cekaman kekeringan*

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen utama tanaman, yaitu membentuk 80-90 % bobot segar jaringan yang sedang tumbuh aktif. Air sebagai komponen esensial tanaman memiliki peranan antara lain : (a) sebagai pelarut, di dalamnya terdapat gas, garam, dan zat terlarut lainnya, yang bergerak keluar masuk sel, (b) sebagai pereaksi dalam fotosintesis dan pada berbagai proses hidrolisis, (c) air esensial untuk menjaga turgiditas diantaranya dalam pembesaran sel, pembukaan stomata dan menyangga bentuk daun-daun muda atau struktur lainnya (Levitt, 1980). Berbeda dengan sel hewan, sel tumbuhan ber dinding, hal ini mengakibatkan timbulnya tekanan hidrostatik yang disebut turgor, hasil dari perimbangan air tersebut. Tekanan turgor sangat penting untuk berbagai proses fisiologis, antara lain pembesaran sel, pertukaran gas pada daun, transpor dalam floem, serta proses transpor melintasi membran. Tekanan turgor juga berperan dalam kekakuan serta kestabilan mekanis jaringan tanaman (Steudle, 2001).

Tanaman pada kondisi lingkungan tertentu dapat mengalami defisit air dimana terjadi penurunan gradien potensial air antara tanah-akar-daun-atmosfer, sehingga laju transpor air dan hara menurun (Taiz & Zeiger, 2002). Penurunan ini akan mengakibatkan gangguan pada pertumbuhan tanaman, terutama pada jaringan yang sedang tumbuh (Kramer & Boyer, 1995), hal ini biasanya terjadi pada tanah yang kekurangan air, sehingga gradien potensial air di tanah dan akar menurun.

Ketidakseimbangan antara penyerapan air oleh akar dan kehilangan air akibat transpirasi membuat tanaman menjadi layu. Cekaman kekeringan atau "*drought stress*" dapat terjadi karena beberapa hal yaitu : (1) tingginya kecepatan evaporasi yang melebihi persediaan air tanah ke akar yang akan mengakibatkan penurunan potensial air, (2) adanya senyawa yang bersifat osmotik, seperti pada tanah garam, yang dapat menurunkan pengambilan air sehingga terjadi penurunan potensial osmosis dan tidak cukupnya pengambilan air oleh tanaman yang diserap dari tanah (Borges, 2003). Menurut Meyer & Boyer (1981) tanaman yang berada pada kondisi cekaman kekeringan akan memberikan respon tertentu baik secara morfologis, anatomis maupun fisiologis, dimana terdapat dua mekanisme utama yang mungkin terjadi pada tanaman, yaitu: (a) tanaman berusaha menghindari cekaman, baik dengan cara melakukan perubahan struktur morfologi dan anatomi, maupun dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan cara mengatur laju transpirasi, dan (b) meningkatkan toleransi terhadap cekaman kekeringan melalui perubahan kimia sel, baik dalam bentuk peningkatan akumulasi senyawa terlarut yang berperan sebagai pengatur tekanan osmotik sel (*osmotic adjustment*), dengan mengakumulasi senyawa kimia, proline dan gula. Menurut Hare et al., (1999) pemahaman kemampuan tanaman menghadapi stress membuka jalan untuk manipulasi tanaman untuk kemampuan dalam toleransi, adaptasi dan resistensi terhadap stress. Tulisan ini bertujuan mengkaji peranan dan pola akumulasi proline pada tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan.



PENYESUAIAN OSMOTIK TANAMAN PADA CEKAMAN KEKERINGAN

Penyesuaian osmotik diketahui sebagai suatu komponen efektif pada resistensi terhadap kekeringan di beberapa tanaman (Kramer & Boyer 1995). Penyesuaian osmotik meliputi akumulasi bersih dari larutan dalam sel sebagai respon terhadap perubahan potensial air dari lingkungan sel. Sebagai konsekuensi dari akumulasi ini, potensial osmotik sel lebih rendah dan cenderung untuk menjaga tekanan turgor (Babu *et al.* 1999). Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan berusaha untuk melakukan perubahan-perubahan fisiologi sebagai bentuk adaptasinya. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kemampuan tanaman untuk mempertahankan tekanan turgor. Metabolisme yang terjadi pada saat tanaman mengalami stress kekeringan menyebabkan perubahan pada konstituen kimiawi selular. Proline bebas sering terakumulasi selama tanaman mengalami kekeringan (Aspinall & Paleg 1981).

PERANAN DAN POLA AKUMULASI PROLINE PADA TANAMAN

Proline dapat mencegah kerusakan struktur protein dan membran serta denaturasi protein (Smirnoff & Cumbes 1989). Ditambahkan oleh Ain-Lhout *et al.* (2001), proline diakumulasi pada tanaman dan berfungsi sebagai agen osmotik dan juga berhubungan dengan aksi proteksi pada kondisi cekaman yang parah. Menurut Santoro *et al.* (1992) proline dihasilkan sel segera setelah sel tersebut mengalami cekaman dan akan berfungsi melindungi membran plasma serta protein sel.

Akumulasi proline pada tanaman yang mengalami stres kekeringan disebabkan oleh aktivasi biosintesa proline dan inaktivasi degradasi proline. Proline pada tanaman tingkat tinggi disintesis melalui lintasan asam glutamin dan ornitin. Lintasan dari glutamin merupakan lintasan primer untuk biosintesa proline dalam kondisi stres kekeringan (Madan *et al.* 1995; Yoshida *et al.* 1997). Proline disintesis dari glutamin melalui dua senyawa intermediet yaitu glutamin semialdehyde (GSA) dan Pyrroline-5-carboxylate (P5C). Ada dua enzim yang berperan dalam biosintesis proline yaitu P5C synthetase (p5cs) pada tahap awal dan P5C reductase (P5CR) pada tahap kedua. Gen yang menyandi P5CS dan P5CR telah diisolasi dari berbagai tanaman dimana ekspresi serta fungsinya telah diteliti. Hasil penelitian menemukan bahwa gen P5CS merupakan penyandi enzim yang menjadi faktor pembatas dalam biosintesis proline pada tanaman tingkat tinggi (Hu Ca *et al.* 1992).

Jumlah proline yang meningkat dianggap merupakan indikasi toleransi terhadap stres kekeringan karena proline berfungsi sebagai senyawa penyimpan N dan osmoregulator dan atau sebagai protektor enzim tertentu (Kim dan Janick 1991; Madan *et al.* 1995; Prasad dan Potluri 1996; Yoshida *et al.* 1997). Akumulasi proline lebih tinggi pada tanaman toleran kekeringan dibanding jenis yang sensitif, hal itu disebabkan kapasitas menahan air yang lebih tinggi dari jenis toleran. Peneliti lain juga menemukan bahwa jumlah proline tinggi pada jenis toleran terhadap kekeringan menunjukkan efisiensi tinggi dari system antioksidan (Turkan *et al.*, 2005).

Penyesuaian osmotik untuk pemeliharaan turgor sel saat potensial air jaringan lebih rendah dilakukan tanaman saat kelembaban tanah berkurang (Ayele *et al.*, 2001). Osmolit terakumulasi selama terjadi kekurangan air dan berperan membantu menstabilisasi struktur protein tersier pada dehidrasi sel-sel (Kavi Kishor *et al.* 2005). Tingkatan organisme dari bakteri sampai jagung, menunjukkan korelasi yang kuat antara kenaikan tingkat proline seluler dan kelangsungan hidup pada kondisi kekurangan air dan salinitas tinggi (Kumar Parida *et al.*, 2008). Beberapa bukti positif yang berasosiasi antara penyesuaian osmotik dengan produksi biomassa atau hasil dibawah cekaman kekeringan pada gandum (Morgan, 1984; Morgan *et al.*, 1986), sorgum (Santamaria *et al.*, 1990; Wright *et al.*, 1983), chickpeas (Sanchez *et al.*, 1998), pea (Rodriguezmaribona *et al.*, 1992), jenis *Brassica* species (Wright *et al.*, 1997) dan barley (Gonzalez *et al.*, 1999).

Namun demikian masih terjadi kontroversi tentang fungsi proteksi dari akumulasi proline. Hanson (1980) mengatakan bahwa akumulasi proline bukan suatu perubahan adaptasi, tetapi hanya suatu simptom dari stres. Sanchez *et al.* (1998) menemukan bahwa proline bebas dapat meningkat 40 kali pada respon stres kekurangan air. Ternyata kontribusi asam amino ini terhadap potensial osmotik kecil ($\pm 1\%$) sebaliknya kadar gula naik sampai 7 kali dan mempunyai kontribusi pada potensial osmotik 17,3%.



KESIMPULAN

Proline bebas sering terakumulasi selama tanaman mengalami kekeringan yang disebabkan oleh aktivasi biosintesa dan inaktivasi degradasi proline. Seringkali peningkatan jumlah proline dianggap merupakan indikasi toleransi terhadap kekeringan. Namun demikian masih terjadi kontroversi tentang fungsi proteksi dari akumulasi proline karena beberapa kasus menunjukkan jika terjadi *over* produksi proline justru dapat berakibat buruk saat tanaman menghadapi kondisi cekaman kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ain-Lhout F M, Zunzunequi M C, Diaz Barradas, R Tirado, A Clavijo and Garcia Novo. (2001). Comparison of proline accumulation in two mediterranean shrubs subjected to natural and experimental water deficit. *Plant and Soil*. 230:175-183.
- Aspinall D, Paleg LG (1981). *Proline accumulation: physiological aspects*, in: L.Paleg, D. Aspinall (Ed.). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*, Academic Press, Sidney, pp. 215-228.
- Ayele, M. A. Blum & Henry T. Nguyen. (2001). Diversity for osmotic adjustment and root depth in TEF [*Eragrostis tef* (Zucc) Trotter]. *Euphytica* 121: 237-249, 2001.
- Babu R C, M S Pathan, A Blum, and Nguyen, H. T. (1999). Comparison of Measurement Methods of Osmotic Adjustment in Rice Cultivars. *Crop Sci*. 39:150-158
- Borges R. (2003). How soybeans respond to drought stress. Issues in Agriculture. (online). www.uwex.edu/ces/ag/issues/drought2003/soybeansrespondstress.html-16k-Kamis 09/03/2006.
- Gonzalez, A., I. Martin & L. Ayerbe, (1999). Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res* 62: 23-34.
- Hanson A D. 1980. Interpreting the metabolic responses of plants to water stress. *Hort. Sci*. 15:623-629.
- Hare, P.D., W.A. Cress and J. Van Staden, (1999). Proline synthesis and degradation: A model system for elucidating stress related signal transduction. *J. EXP. Bot.*, 50: 413-34
- Hu C. A, A J Delauney, and D P S Verma. (1992). A bifunctional enzyme (delta-pyrroline-carboxylate synthetase) catalyzes the first two steps in proline biosynthesis in plants. *PNAS* 89:9354-9358.
- Kavi Kishor PB, Sangam S, Amrutha RN, Sri Laxmi P, Naidu KR, Rao KRSS, Rao S, Reddy KJ, Theriappan P, Sreenivasulu N. (2005). Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Sci* 88:424-438
- Kim Y H, J Janick. (1991). Abscisic acid and proline improve desiccation tolerance and increase fatty acid content of cereley somatic embryos. *Plant Cell tissue Org Cult* 24:83-89.
- Kramer PJ, Boyer JS. (1995). *Water Relations of Plants and Soils*. San Diego: Academic Press
- Kumar Parida, A., Vipin S. D., Manoj S. P., Laxman P. A. (2008). Differential responses of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. *Acta Physiol Plant*, 30:619-627.
- Madan S, HS Nainawatee, RK Jain, dan JB Chowdhury. (1995). Proline and proline metabolising enzymes in vitro selected NaCl-tolerant Brassica juncea L. under salt stress. *Annals of Botany* 76:51-57.
- Meyer RF, Boyer JS. (1981). Osmoregulation solute distribution and growth in soybean seedlings having low water potential. *Planta* 151, 482-489.
- Morgan, J.M., (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann Rev Plant Physiol*, 35: 299-319.
- Morgan, J.M., R.A. Hare & R.J. Fletcher, (1986). Genetic variation in osmoregulation in bread wheat and durum wheats and its relationship to grain yield in a range of field environments. *Aust J Agric Res*, 37: 449-457.
- Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses: Water, radiation, salt, and other stresses*. Vol II. Academic Press. New York-London; Toronto; Sydney-San Francisco.
- Prasad PVD dan SDF Potluri. (1996). Influence of proline and hydroxyproline on salt-stresses axillary bud cultures of two varieties of potato (*Solanum tuberosum*). *In vitro Cell Dev Biol Plant*, 32:47-50.
- Rodriguezmaribona, B., J.L. Tenorio, J.R. Conde & L. Ayerbe. (1992). Correlation between yield and osmotic adjustment of peas (*Pisum sativum* L.) under drought stress. *Field crops Res* 29:15-22.
- Sanchez, F.J., M. Manzanares, E.F. de Andres, J.L. Tenorio & L. Ayerbe, (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment, soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Res* 59: 225-235.
- Santamaria, J.M., M.M. Ludlow & S. Fukai, (1990). Contribution of osmotic Adjustment to grain yield in *Sorghum bicolor* (L.) Moench under water-limited conditions. I. Water stress before anthesis. *Aust J Agric Res* 41: 51-65.
- Santoro, M.M., Y. Lau, S.M.A. Khan, L. Hou and D.W. Bolen. (1992). Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes. *Biochem.*, 31: 5278-83
- Smirnoff, N and Cumbes Q J. (1989). Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry*. 28: 1057-1060.
- Steudle E. (2001). The cohesion-tension mechanism and the acquisition of water by plant roots. *Annu. rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 52:847:75.
- Taiz L., Zeiger E. (2002). *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer Associates.
- Türkan I, Bor M, Ozdemir F, Koca H (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to PEG mediated water stress, *Plant Sci*. 168: 223-231.



- Wright, G.C., R.C.G. Smith & J.R. McWilliam, (1983). Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I Crop growth and yield response. *Aust J Agric Res*, 34:615–626.
- Wright, P.R., J.M. Morgan & R.S. Jessop, (1997). Turgor maintenance by osmoregulation in *Brassica napus* and *Brassica juncea* under field conditions. *Ann Bot* 80: 313–319.
- Yoshiba, Y., Kiyoue, T., Nakashima, K., Yamaguchi-Shinozaki, K., dan Shinozaki, K. (1997). Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiol*, 38:1095-1102.

DISKUSI

Penanya 1 (Siti Maryam)

Apa itu proline? Dan apa manfaat proline untuk kedepannya dalam bidang teknologi?

Jawab:

Karakterisasi tanaman yang kekurangan air salah satunya adalah dengan menggunakan kandungan proline, proline merupakan suatu protein, tetapi bukan asam amino fungsional. Jika suatu tanaman kekeringan tanaman tersebut akan secara otomatis menghasilkan suatu zat protektan untuk menjaga sel-selnya tetap segar dan zat tersebut berupa proline.

Penanya 2 (Eva)

Di dalam abstrak tertulis bahwa prolin bebas sering terakumulasi selama tanaman mengalami kekeringan, apa penyebabnya?

Jawab:

Saat tanaman mengalami kekeringan, sel-selnya akan mengempes karena kekurangan air dan saat kekurangan air tanaman akan mengeluarkan gen penyandi yang berfungsi untuk mengeluarkan prolin agar air terhalang keluar.

Saran moderator (Yudi Rinanto – Pendidikan Biologi FKIP UNS)

Penelitian tentang ketahanan kekeringan jangan hanya berhenti pada prolin, tetapi juga terhadap gen yang bertanggung-jawab terhadap ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Atau dengan meneliti produk gen (protein) yang diduga bertanggung-jawab terhadap ketahanan kekeringan. Informasi yang saya peroleh hasil penelitian di tanaman Tebu oleh Bambang Sugiyarto dkk (Peneliti dari UNEJ), ada protein seukuran 22 Kd yang terinduksi jika tebu terpapar kekeringan dan akan surut jumlahnya jika cekaman kekeringan dihilangkan. Setelah diurut asam amino penyusunnya, ternyata memiliki homologi yang tinggi dengan protein penanda ketahanan kekeringan yang dihasilkan di tanaman padi.

