

MEKANISME TUMBUHAN MENGHADAPI KEKERINGAN

Kelik Perdana Windra Sukma

Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Madura

ABSTRAK:

Ketidakmampuan tumbuhan untuk berpindah tempat menyebabkan tumbuhan memiliki mekanisme menghadapi kondisi lingkungan yang tidak sesuai, misalnya kekeringan. Tumbuhan dapat mengalami tingkat kekeringan sedang dan tingkat kekeringan tinggi. Pada tingkat kekeringan sedang, tumbuhan biasanya memiliki mekanisme menghindar sedangkan pada tingkat kekeringan tinggi, tumbuhan memiliki mekanisme toleransi.

Kata kunci : kekeringan, menghindar, toleransi

Pendahuluan

Tumbuhan merupakan salah satu kelompok makhluk hidup yang menyediakan oksigen di bumi selain Algae dan bakteri fotosintetik. Tumbuhan memiliki akar, batang dan daun dan tidak dapat bergerak bebas atau berpindah tempat. Ketidakmampuan tumbuhan untuk berpindah tempat, mengharuskan tumbuhan memiliki mekanisme dalam perubahan kondisi lingkungan. salah satunya keberadaan air.

Dalam setiap gram pembentukan bahan organik, tumbuhan menyerap sedikitnya 500 gram air yang kemudian dialirkan ke seluruh bagian tumbuhan dan kemudian dikeluarkan dari tubuh tumbuhan. 90-95% sel tumbuhan terdiri atas air (Taiz and Zeiger, 2002). Air berperan sebagai pelarut dan tempat terjadinya semua reaksi biokimia dalam tubuh makhluk hidup. Air berperan penting dalam menyediakan energi yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Air akan dipecah dalam proses fotolisis

kemudian elektron digunakan untuk menghasilkan energi pada pusat reaksi fotosistem II.

Kondisi cuaca yang berubah menyebabkan ketersediaan air di lingkungan atau di tanah juga mengalami perubahan. Li-Ping *et al.* (2006) menyebutkan tingkat ketersediaan air pada tanah terdiri atas *well-watered* /WW(kelembaban tanah $75\% \pm 5\%$), *moderately stressed*/ MS (kelembaban tanah $55\% \pm 5\%$), dan *severely stressed* / SS (kelembaban tanah $35\% \pm 5\%$). Kondisi MS ataupun SS tersebut dapat dikatakan tumbuhan mengalami kekeringan.

Secara meteorologi, kekeringan dapat diartikan kondisi lingkungan yang lama tidak turun hujan. Bagi tumbuhan, kekeringan merupakan kondisi tanah yang kekurangan air sementara kondisi atmosfer memicu tumbuhan mengeluarkan banyak air melalui transpirasi atau evaporasi. Kekurangan air mengganggu proses produksi tumbuhan (Jaleel *et al.*, 2009). Pada saat terjadi kekeringan, tumbuhan dapat kehilangan cairan protoplasmanya menyebabkan konsentrasi ion seperti Cl^-

dan NO_3^- dalam tumbuhan bertambah. Konsentrasi ion yang tinggi dapat menghambat fungsi metabolisme. Selanjutnya, konsentrasi yang tinggi juga menyebabkan reaksi menjadi tidak terkontrol dan dapat menyebabkan denaturasi protein dan kerusakan sel membran (Mundree *et al.*, 2002).

Tumbuhan mengalami cekaman kekeringan ditandai dengan penurunan kadar air dalam jaringan, penurunan potensial air di daun, penurunan tekanan turgor, penutupan stomata dan penurunan pertumbuhan sel. Pada cekaman kuat dapat menyebabkan penghentian proses fotosintesis, gangguan metabolisme dan kematian (Jaleel *et al.*, 2002. Mundree *et al.* (2002) menyebutkan jaringan tumbuhan memiliki dua mekanisme dalam menghadapi kondisi lingkungan yang kering, yaitu menghindari dan toleransi.

Mekanisme Tumbuhan Menghindari Kekeringan

Mekanisme tumbuhan menghindari kekeringan biasanya dilakukan pada saat tingkat kekeringan sedang (*moderately stressed*/MS). Terdapat dua cara yang

dilakukan tumbuhan yaitu melarikan diri atau menghindari dari kekurangan air lingkungan dan menghindari kekeringan atau menghindari dari kekurangan air jaringan (Goldworthy dan Fisher, 1996; Mundree et al., 2002; dan Taiz and Zeiger, 2002).

.1. Menghindarkan diri dari kekurangan air lingkungan.

Tanaman yang memiliki mekanisme ini biasanya adalah tanaman efemeral (semusim) atau memiliki siklus hidup pendek. Tanaman ini menanggulangi kekurangan air dengan mempercepat pertumbuhan reproduktif dan menghasilkan biji sebelum kadar air dalam lingkungan sangat kurang.

.2. Menghindarkan kekurangan air jaringan.

Tanaman ini menanggulangi kekurangan air melalui mengurangi penguapan air dan menambah pengambilan air dari tanah, misalnya pada tumbuhan sukulen (Mundree et al 2002). Tumbuhan mengurangi penguapan air melalui penutupan stomata. Penutupan stomata berhubungan dengan aktifitas hormon

asam absisat (ABA). Pada saat tanah kering, sinyal hidrolik menginduksi sintesis ABA pada tanaman. ABA pada akar akan dibawa sampai sel-sel penutup stomata dan menyebabkan stomata menutup (Schachtman dan Goodger, 2008) dan menyebabkan fotosintesis dan respirasi menurun. Penurunan respirasi tersebut disebabkan oleh perubahan permeabilitas membran mitokondria. Perubahan struktur fosfolipid atau protein menghambat oksidasi substrat-substrat respirasi pada biji jagung (Bell *et al.*, 1971). Banzinger *et al.* (2000) menyebutkan cekaman kekeringan akan berdampak pada fotosistem II. Pada saat terjadi kekeringan, perpindahan elektron menjadi terhambat mengakibatkan klorofil mengalami fotooksidasi dan penurunan aktifitas fotosintesis.

Penurunan aktifitas fotosintesis dan respirasi menyebabkan energi yang dibutuhkan pertumbuhan menurun sehingga pembelahan ataupun pembentangan sel untuk memperbesar organ juga menurun. Akibatnya organ tumbuhan atau morfologi yang

terbentuk yaitu daun, batang dan biji menjadi lebih kecil sehingga produksi juga semakin sedikit (Roesmarkam dan Sa'adah, 2009 ; Campos *et al.*, 2004 ; Mohammadkhani and Heidari, 2008). Penurunan ukuran juga disebabkan karena penurunan ekspresi gen-gen yang berhubungan dengan proliferasi dan ekspansi sel (Schachtman dan Goodger, 2008 dan Fiorani *et al.*, 2006). Farooq *et al.* (2009) menyebutkan kekeringan menyebabkan penurunan waktu dan jumlah pengisian biji, waktu pembungaan dan masa reproduksi pada beberapa tanaman.

Mekanisme Toleransi Tumbuhan Pada Kekeringan

Tumbuhan bertoleransi pada kekeringan, biasanya pada saat tingkat kekeringan tinggi (severely stressed/SS), melalui peyesuaian osmotik dan meningkatkan pertumbuhan akar.

1. Tumbuhan bertoleransi dengan lingkungan kering melalui penyesuaian osmotik cairan sel.

Mundree *et al.* (2002) menyebutkan penyesuaian osmotik

juga dapat merupakan mekanisme tumbuhan menghindarkan diri dari kekurangan air pada jaringan. Tamayo and Bonjoch (2001) menyebutkan pada saat potensial air dalam tanah menurun, tumbuhan menambah respon metabolik, atau penyesuaian osmotik, dengan menambah larutan sitoplasma yang memproduksi senyawa yang dapat menurunkan potensial air dalam sel sehingga air di lingkungan dapat diserap. Senyawa ini bersifat netral, tidak beracun bagi sel dan tidak menghambat aktifitas enzimatis sel pada konsentrasi tinggi. Senyawa tersebut juga bersifat hidrofilik yang diperkirakan dapat menggantikan air pada protein permukaan sel, protein kompleks atau membran (Hasegawa *et al.*, 2000).

Pada saat terjadi cekaman kekeringan, pengambilan nitrogen dari lingkungan menurun. Mihailovic *et al.* (1991) menyebutkan pada saat cekaman NH_4^+ lebih diserap dibanding NO_3^- . Pada tanaman yang diberi NH_4^+ pada kondisi tercekam kekeringan, menunjukkan jumlah klorofil yang

lebih baik dibanding tanaman yang diberi NO_3^- . Mundree *et al.* (2002) menyebutkan pada saat kekeringan, tumbuhan dapat mengurangi kadar klorofil (*poikilocholophylly*) atau mempertahankannya (*homiocholophylly*).

Kamara *et al.* (2002), menyebutkan cekaman kekeringan dapat menurunkan efisiensi penggunaan nitrogen (NUE, *nitrogen use efficiency*) pada tumbuhan jagung, tetapi pada jagung toleran kekeringan NUE meningkat. NUE dihitung dari biomassa tumbuhan dibagi dengan aplikasi nitrogen pada tanaman, tetapi pada jagung yang toleran kekeringan dapat mempertahankan atau menaikkan NUE tanaman tersebut.

Senyawa yang dapat mempertahankan keseimbangan osmotik cairan sel tumbuhan misalnya asam amino bebas (prolin, alanin, betaalanin dan taurin), senyawa amonium quartener (prolinbetain, glisinbetain, betaalaninbetain, gliserofosforicolin) dan karbohidrat (trehalosa, sorbitol, mannitol, gliserol,

pinitol). Prolin dan glisin betain merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada saat tumbuhan terkena cekaman kekeringan. Keberadaan prolin dan glisin betain berhubungan dengan penurunan potensial air (Moussa and Abdel-Aziz, 2008), sehingga mengurangi kerusakan karena dehidrasi (Mohammadkhani and Heidari, 2008). Pada biosintesis prolin saat terjadi kekeringan sumber nitrogen diperoleh dari protein dalam tanaman tersebut. Fukutoku and Hamada (1981) menyebutkan cekaman kekeringan pada tanaman kedelai menyebabkan kadar protein menurun, sementara asam amino meningkat. El-Sayeed and Elhaak (1996) juga menyatakan cekaman kekeringan menurunkan kadar protein dan menaikkan kadar asam amino dan prolin, menunjukkan terjadi hidrolisis protein pada saat tanaman terkena cekaman kekeringan.

Tamayo and Bonjoch (2001) menyebutkan beberapa fungsi regulasi prolin pada saat terjadi kekeringan diantaranya :

- a. Osmoregulasi cairan sel
- b. Pertahanan metabolisme menghadapi kondisi cekaman. Prolin melindungi enzim sitosolik seperti nitrat reduktase dan rubisco, menstabilkan struktur tersier protein menghadapi suhu panas, atau melindungi struktur intraseluler, menstabilkan membran dengan berinteraksi dengan fosfolipid yang berinteraksi dengan integritas membran dan ultrastruktur kloroplas.
- c. Mengatur keasaman sel. Respirasi pada saat terjadi cekaman air meningkatkan keasaman sel akibat penumpukan asam-asam organik. Pengaturan pH oleh prolin diperkirakan berdasarkan fakta bahwa tiap produksi 3 molekul NAD(P)^+ menyebabkan diproduksinya 1 molekul prolin.
- d. Penyimpan karbon dan nitrogen. Prolin dapat bertindak sebagai senyawa simpanan yang dapat mudah dipindahkan. Prolin juga dapat dipecah menghasilkan ATP yang dipakai untuk aktifitas sel.

- e. Fungsi antioksidan, prolin melindungi sel dari ROS.

Prolin tidak hanya berasal dari sel tumbuhan yang terkena cekaman tetapi juga bisa berasal dari sel atau organ lain. Pada saat terjadi cekaman kekeringan, Meristem, jaringan berkembang dan organ reproduktif biasanya mengimpor memasukkan asam amino untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan. Pengangkutan asam amino dibantu oleh zat yang disebut *transpoters*. Pengangkutan prolin dibantu oleh *transpoter* prolin (ProT). Keberadaan prolin pada saat cekaman berhubungan dengan mempertahankan keseimbangan osmotik cairan sel. Prolin juga berhubungan dengan pengaturan keasaman sitosol dan mengatur rasio NAD^+/NADH (Kishor *et al.*, 2005). Metabolisme prolin ditandai dengan peningkatan kadar CO_2 , interkonversi protein dan sintesis protein (Dierks-ventling and Cornelli, 1982).

Moussa and Abdel-Aziz (2008) menyebutkan bahwa selain prolin dan

glisin betain, pada tanaman jagung Giza 2 (toleran terhadap cekaman kekeringan) memperlihatkan akumulasi lebih rendah malondialdehid (MDA) dan H_2O_2 dibanding Jagung Trihibrid 321 (tidak toleran kekeringan). Hal tersebut berhubungan dengan peningkatan aktifitas *superoksida dismutase* (SOD), katalase (CAT), *peroksidase compound* (POX) yang menyebabkan kapasitas penyimpanan air lebih tinggi dan kerusakan membran juga berkurang. SOD mampu mencegah aktifitas *reactive oxygen species* (ROS) yang dapat menyebabkan kerusakan pada membran. Peningkatan POX dan CAT untuk menghilangkan O_2^- pada H_2O_2 .

Pada tanaman jagung yang toleran, cekaman kekeringan akan meningkatkan kadar gula pada batang dan akar secara signifikan, dan menurunkan kadar amilum. Gula diperkirakan berperan penting dalam penyesuaian osmotik, menstabilkan membran sel dan mengatur turgor sel sehubungan dengan peningkatan kadar hara pada tanah (Mohammadkhani and Heidari, 2008).

2. Meningkatkan pertumbuhan akar (cekaman ringan sampai sedang)

Tujuan meningkatkan pertumbuhan akar adalah untuk memperluas bidang serap akar terhadap air. Akar juga akan membentuk lapisan gabus untuk membantu menahan air dalam tanaman yang berada dalam tanah kering.

Kesimpulan

Tumbuhan menghadapi kekeringan dengan dua cara yaitu menghindari dan bertoleransi. Mekanisme tumbuhan menghindari kekeringan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melarikan diri atau menghindari dari kekurangan air lingkungan dan menghindari kekeringan atau menghindari dari kekurangan air jaringan. Sedangkan mekanisme toleransi tumbuhan terhadap kekeringan dengan cara melakukan penyesuaian osmotik dan menambah pertumbuhan akar.

Daftar Pustaka

- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize ; From Theory to Practice. CIMMYT. Mexico. 14.

- Bell, D. T., D. E. Koeppe and R. J. Miller. 1971. The Effects of Drought Stress on Respiration of Isolated Corn Mitochondria. *Plant Physiol.* 48. 413-415.
- Campos, H., M. Cooper, J. E. Habben, G. O. Edmeades, J. R. Schussler. 2004. Improving drought tolerance in maize : a view from industry. *Field Crops Research.* 90:19-34.
- Dierks-Ventling, C. and C. Tonelli. 1981. Metabolism of Proline, Glutamate, and Ornithine in Proline Mutant Root Tips of *Zea mays* (L.). *Plant Physiol.* 69:130-134.
- El-Sayed, H. and M. A. Elhaak. 1996. Response of Water Saturation Deficit and Some Nitrogenous Compounds in Two Maize Cultivars to Water Stress. *Science* 8(2):107-117.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1) : 185-212.
- Fiorani, F., B. Rymer, D. Inze, and G. Beemster. 2006. Specific transcriptional changes in the mesophyll of maize leaves growing under drought stress. Diambil dari www.ipbo.ugent.be tanggal 15 Januari 2009.
- Goldsworthy, P. R. and Fisher. 1996. Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik (terjemahan dari THE PHYSIOLOGY OF TROPICAL FIELD CROPS). Cetakan ke-2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, J.K. Zhu and H. J. Bohnert. 2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:463-499
- Jaleel, C. A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H. J. Al-Juburi, R. Somasundaram, R. Panneerselvam. 2009. Drought Stress in Plants : A Review on Morphological Characteristics and Pigment Composition. *International Journal of Agricultural & Biology*, 11(1):100-105.
- Kamara, A. Y., A. Menkir, N. Sanginga. 2002. Nitrogen Use Efficiency of Maize Genotypes Improved for Tolerance to Low Nitrogen and Drought Stress. International Institute of Tropical Agriculture. Diambil dari <http://www.tropentag.de/2002/abstracts/full/143.pdf> tanggal 7 juli 2010.
- Kishor, P. B. K., S. Sangam, R. N. Amrutha, P. S. Laxmi, K. R. Naidu, K. R. S. S. Rao, Sreenath Rao, K. J. Reddy, P. Theriappan and N. Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science.* 88:424-438.

- Li-Ping, B., S. Fang-Gong, G. Ti-Da, S. Zhao-Hui, L. Yin-Yan, and Z. Guang-Sheng. 2006. Effect of Soil Drought Stress on Leaf Water Status, Membrane Permeability and Enzymatic Antioxidant System of Maize. *Pedosphere* 16(3):326-332.
- Mihailović, N. G. Jelić, R. Filipović, M. Djurdjević and Ž. Dželetović. 1992. Effect of nitrogen form on maize response to drought stress. *Plant and Soil* 144:191-197.
- Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2008. Drought-induced Accumulation of Soluble Sugars and Proline in Two Maize Varieties. *World Applied Sciences Journal* 3 (3):448-453.
- Moussa, H. R. and S. M. Abdel-Aziz. 2008. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. *Australian Journal of Crop Science Southern Cross Journals* 1(1):31-36.
- Mundree, S. G., B. Baker, S. Mowla, S. Peters, S. Marais, C. V. Willigen, K. Govender, A. Marenda, S. Muyanga, J. M. Farrant and J. A. Thomson. 2002. Physiological and molecular insights into drought tolerance. *African Journal of Biotechnology* 1(2):28-38
- Roesmarkam, S. dan S. Z. Sa'adah. 2009. Ketersediaan Teknologi Budidaya dan Peluang Pengembangan Jagung Lokal Madura. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. Diambil dari www.litbang.deptan.go.id tanggal 14 Maret 2009.
- Schachtman, D. P. and J. Q. D. Goodger. 2008. Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Science*.13(6):281-287.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2003. *Plant Physiology*, 3rd edition. Sinauer Associates Inc. Publisher. Sunderland. Massachusetts.
- Tamayo, P. R. and N. P. Bonjoch. 2003. Free Proline Quantification. In Roger (ed). *Hand Book of Plant Ecophysiology Techniques*. Kluwer Academic Publisher. 365-38