

Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran

Mechanism Response of Rice Under Drought Stress and Tolerant Varieties

Sujinah dan Ali Jamil

*Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: sujinah.sulaiman@yahoo.com*

Naskah diterima 19 Juni 2015, direvisi 18 Mei 2016, dan disetujui diterbitkan 23 Mei 2016

ABSTRACT

Drought has wide impact on agriculture such as reduced rice productivity and production, impacted on food security and economical stability in the region as well as at national level. Drought stress problem would become more frequent in relation with accelerated global climate changes. Response of rice crop to water stress begins with physiological process disturbance in the plant, such as reducing transpiration rate by means of stomata closure and reducing leaf surface area or leaf rolling. Each action may cause reducing CO₂ and O₂ gas exchanges to the atmosphere, and reduce solar radiation interception. Both condition may decrease photosynthetic process on the leaves. This physiological responses may affect plant morphology such as reducing canopy size due to decreasing leaf number and leaf area per hill, reducing number of total and productive tillers per hill, delaying flowering and grain maturing. Changes in this crop morphology also have impact on further crop physiological processes. Therefore, there are inter-affects between physiological processes and crop morphology. The changes of the processes and condition cause the changes of crop growth pattern, and finally decrease biomass weight, yield components and grain yield. The degree of declining depending on the drought stress level and also on the rice genotype which have different adaptability and tolerance mechanism to drought stress.

Keywords: Drought, rice, physiologic, morphologic, tolerance.

ABSTRAK

Kekeringan memiliki dampak luas terhadap pertanian, seperti penurunan produktivitas dan produksi pangan, terutama padi, mengganggu ketahanan pangan dan stabilitas perekonomian pada suatu wilayah hingga tingkat nasional. Cekaman kekeringan semakin sering terjadi seiring dengan cepatnya perubahan iklim global. Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan diawali dengan respon fisiologis berupa pengurangan laju transpirasi untuk penghematan air dengan cara menutup stomata dan memperkecil luas permukaan daun dengan penggulungan daun. Namun masing-masing berakibat kepada terhambatnya pertukaran gas CO₂ dan O₂ dari jaringan tanaman ke atmosfer, dan memperkecil tangkapan radiasi surya, yang keduanya berakibat terhadap penurunan fotosintesis. Hal ini akan mempengaruhi morfologi tanaman, seperti ukuran tajuk berkurang karena jumlah daun, anakan dan anakan produktif per rumpunnya berkurang, luas daun menurun, umur pembungaan dan umur tanaman memanjang. Perubahan morfologis inipun berdampak terhadap perubahan proses fisiologis lanjutan, sehingga terjadi saling pengaruh antarkeduanya. Perubahan-perubahan tersebut diekspresikan tanaman berupa pola pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya berpengaruh terhadap penurunan bobot biomasa, besarnya hasil dan komponen hasil tanaman. Besarnya pengaruh tersebut selain bergantung pada keparahan cekaman, namun juga oleh varietas/galur yang memiliki perbedaan daya adaptasi dan mekanisme toleransi terhadap cekaman kekeringan.

Kata kunci: Kekeringan, padi, fisiologis, morfologis, ketahanan.

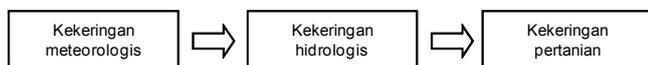
PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan persoalan yang berdampak luas di bidang pertanian, seperti penurunan produksi pangan yang akan mengganggu ketahanan pangan dan stabilitas perekonomian nasional. Kekeringan adalah keadaan kekurangan pasokan air pada suatu daerah dalam masa yang panjang. Kondisi ini disebabkan oleh rendahnya curah hujan secara terus-menerus, atau tanpa hujan dalam periode yang panjang. Musim kemarau panjang, misalnya, dapat menyebabkan kekeringan, karena cadangan air tanah habis akibat penguapan (*evaporasi*), *transpirasi*, atau penggunaan lain oleh manusia secara terus menerus.

Perubahan iklim menjadi salah satu penyebab terjadinya kekeringan yang dapat mengurangi hasil dan kualitas hasil padi yang rentan kekurangan air (Tao *et al.* 2006). Kekeringan diawali dengan berkurangnya jumlah curah hujan di bawah normal pada satu musim. Kejadian ini adalah indikasi pertama terjadinya kekeringan yang disebut kekeringan meteorologis. Selanjutnya adalah berkurangnya pasokan air permukaan dan air tanah, yang disebut kekeringan hidrologis. Kekeringan hidrologis menyebabkan kandungan air tanah berkurang sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Kondisi ini disebut kekeringan pertanian.

Kekeringan dalam bidang pertanian adalah kekeringan yang terjadi di lahan pertanian yang sedang dibudidayakan dengan tanaman padi, jagung, kedelai, dan lain-lain. Kekurangan air pada tanaman terjadi karena ketersediaan air tidak memenuhi kebutuhan tanaman dan evapotranspirasi yang berlebihan atau kombinasi keduanya. Tingkat kerentanan lahan pertanian terhadap kekeringan cukup bervariasi antarwilayah, terutama di beberapa wilayah di Sumatera dan Jawa. Dari 5,14 juta ha lahan sawah, 74 ribu ha di antaranya sangat rentan dan sekitar satu juta ha rentan terhadap kekeringan. Kekeringan yang lebih luas terjadi pada tahun-tahun El Nino, dimana luas pertanaman padi yang mengalami kekeringan pada periode 1989-2006 lebih dari 2.000 ha per kabupaten, antara lain di Pantai Utara Jawa Barat, terutama di Indramayu, sebagian Pantai Utara Nangroe Aceh Darussalam, Lampung, Kalimantan Timur, Sulawesi Barat, Kalimantan Selatan, dan Lombok (Balitbangtan 2011).

Air merupakan faktor penting dalam sistem budi daya padi. Tingginya kebutuhan air tanaman padi ini sering

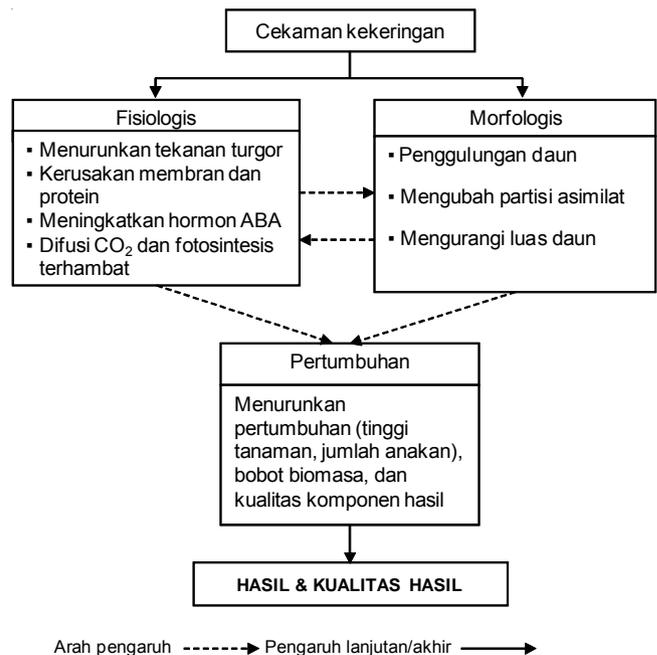


Gambar 1. Tingkatan terjadinya kekeringan.

dihadapkan pada permasalahan kekeringan akibat faktor iklim dan persaingan penggunaan air antarsektor (Bouman *et al.* 2007). Kekeringan berdampak serius terhadap pertumbuhan tanaman padi, terutama pada fase generatif (Akram *et al.* 2013), yang dapat mengurangi hasil padi dan kualitas gabah (Tao *et al.* 2006). Tingkat intensitas kekeringan pada tanaman dibagi menjadi empat, yaitu: (1) ringan, apabila tingkat kerusakan < 25%; (2) sedang, apabila tingkat kerusakan \geq 25-50%, (3) berat, apabila tingkat kerusakan \geq 50-85%, dan (4) puso, apabila tingkat kerusakan \geq 85%. Tulisan ini membahas mekanisme terjadinya kekeringan, respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan, dan varietas toleran.

RESPON TANAMAN TERHADAP KEKERINGAN

Respon tanaman terhadap kekeringan berawal dari respon secara fisiologis yang merupakan serangkaian proses dalam tanaman, yang diikuti oleh perubahan secara morfologis baik, sebagai mekanisme ketahanan tanaman maupun dampak dari proses akibat cekaman kekeringan. Perubahan morfologis juga berdampak terhadap perubahan proses fisiologis lanjutan, sehingga terjadi saling pengaruh antarkeduanya. Perubahan-perubahan tersebut diekspresikan tanaman dalam bentuk pola pertumbuhan yang pada berpengaruh terhadap bobot biomasa, hasil dan komponen hasil tanaman (Gambar 2).



Gambar 2. Respon umum tanaman padi terhadap cekaman kekeringan.

Tanaman padi sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan. Kekurangan air akan mengganggu banyak fungsi seluler dalam tanaman dan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan reproduksi tanaman (Bray 2001). Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan bergantung pada tingkat keparahan kekeringan, waktu (fase tumbuh) terjadinya kekeringan (Kadir 2011), dan genotipe (Castillo *et al.* 2006).

Tanaman merespon kekurangan air dengan mengurangi laju transpirasi untuk penghematan air. Kekurangan air pada daun akan menyebabkan sel-sel tanaman kehilangan turgor. Mekanisme yang dapat memperlambat laju transpirasi atau menurunkan dampak kehilangan air adalah dengan cara menutup stomata, dan memperkecil luas permukaan daun dengan penggulungan daun (Fischer and Fukai 2003). Namun, penutupan stomata akan menghambat proses pertukaran CO₂ dan O₂ dari jaringan tanaman dengan atmosfer (Liu *et al.* 2004), sedangkan memperkecil luas permukaan daun akan memperkecil tangkapan radiasi surya, yang keduanya berdampak terhadap penurunan volume fotosintesis.

Kekurangan air bagi tanaman juga merangsang peningkatan sintesis dan pembebasan asam absisat dari sel-sel mesofil daun. Hormon ini pada membran sel membantu mempertahankan stomata tetap tertutup. Hormon ABA juga mempercepat penuaan dan pengguguran daun.

Respon tanaman padi terhadap kekeringan sulit dipisahkan (Gambar 2), namun untuk beberapa hal dapat dibedakan menjadi respon fisiologis, morfologis, serta pertumbuhan dan hasil.

Respon Fisiologis

Menurut Akram *et al.* (2013), kekeringan menyebabkan laju fotosintesis menurun secara signifikan pada semua tahap pertumbuhan. Kekeringan yang terjadi pada fase inisiasi malai menurunkan volume fotosintesis sebesar 30,69% dan pada fase anthesis 28%. Perubahan fisiologis yang terjadi akibat kekeringan adalah terjadinya penurunan PAR (*Photo synthetically active radiation*), laju fotosintesis, tingkat transpirasi, konduktansi stomata, dan degradasi pigmen. Inisiasi malai merupakan fase paling penting terjadinya perubahan fisiologis. Kekeringan pada fase inisiasi malai menyebabkan terganggunya proses biokimia, fisiologis, dan penurunan aktivitas enzimatis dan degradasi pigmen klorofil. Karakter fisiologis yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah penurunan transpirasi dengan mengurangi jumlah stomata dan meningkatkan fotosintesis dengan cara meningkatkan kandungan klorofil (Oukarroum *et al.* 2007).

Thoruan-Mathius *et al.* (2004) menyatakan bahwa dalam menghadapi cekaman kekeringan, tanaman dapat melakukan mekanisme osmotik yang diawali dengan perubahan gula osmotik, terutama pada gula silosa, kemudian terinduksinya protein berbobot molekul rendah. Produksi dan akumulasi asam amino, terutama prolin, merupakan bentuk adaptif jaringan tanaman dalam merespon cekaman kekeringan. Selain itu, di bawah tekanan cekaman kekeringan, akumulasi gula dalam tanaman juga meningkat (Mostajeran and Eichi 2009). Guo *et al.* (2012) menyatakan bahwa bersamaan dengan terjadinya penurunan potensial osmotik, akumulasi prolin dan betain meningkat pada akar dan tunas. Penurunan osmotik dalam sel dapat menyebabkan tanaman mempertahankan turgor sehingga proses fisiologis dan biokimia tetap normal dalam keadaan cekaman kekeringan.

Khaerana *et al.* (2008) menyatakan bahwa tanaman yang mengalami cekaman kekeringan berusaha melakukan perubahan-perubahan fisiologi sebagai bentuk adaptasi. Salah satu bentuk adaptasi tersebut adalah kemampuan tanaman mempertahankan tekanan turgor atau penyesuaian osmotik. Tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan menunjukkan gejala daun menggulung dan mengering. Gejala ini mengindikasikan bahwa daun tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme secara normal, tidak dapat menyerap hara dan terhambatnya pembentukan klorofil daun (Banyo *et al.* 2013).

Menurut Farooq *et al.* (2009), kekeringan pada beberapa spesies tanaman dapat menyebabkan perubahan pada rasio klorofil a/b dan kandungan karotenoid. Kandungan klorofil a dan klorofil b, serta rasio klorofil a/b juga dapat berbeda antarvarietas. Menurut penelitian Maisura *et al.* (2014), kandungan klorofil a/b yang mengalami cekaman kekeringan lebih kecil (2,16) dibanding kontrol (3,29). Klorofil b berfungsi sebagai pengumpul cahaya dan mentransfer ke pusat reaksi fotosintesis. Energi cahaya (foton) diubah menjadi energi kimia (ATP dan NADPH) yang kemudian digunakan dalam proses reduksi fotosintesis (Taiz and Zeiger 2006). Dari penelitian Chutia dan Borah (2012) diketahui kekeringan menurunkan kandungan klorofil pada beberapa varietas padi yang diuji.

Respon Morfologis

Pertumbuhan tanaman terjadi karena pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel yang melibatkan unsur genetik, fisiologi, ekologi, dan morfologi serta interaksinya. Kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman bergantung pada unsur tersebut, yang dipengaruhi oleh ketersediaan air (Farooq *et al.* 2009). Pertumbuhan sel merupakan salah

satu proses fisiologis yang sensitif terhadap kekeringan karena penurunan tekanan turgor (Taiz and Zeiger 2006). Tanaman yang mengalami kekeringan parah menyebabkan pertumbuhan sel dihambat oleh gangguan aliran air dari xilem ke bagian-bagian yang lain (Nonami 1998).

Karakter morfologi yang berhubungan dengan cekaman kekeringan adalah ukuran tajuk seperti jumlah anakan sedikit, pembungaan tertunda, dan pengurangan jumlah anakan produktif (Sulistiyono *et al.* 2011). Penurunan bobot tanaman berkaitan dengan penurunan jumlah daun dan gangguan pada proses pembelahan sel (Sikuku *et al.* 2010). Rahayu *et al.* (2005) menyatakan cekaman kekeringan menghambat pertumbuhan tunas yang ditunjukkan oleh menurunnya pertambahan tinggi tunas, jumlah akar utama, dan jumlah daun. Cekaman kekeringan akan mengubah partisi asimilat antarorgan tanaman. Pertumbuhan bagian atas tanaman lebih banyak berkurang daripada bagian akar, karena bagian atas terjadi kekurangan air yang lebih besar. Nisbah akar dan bagian atas tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan akan meningkat, walaupun bobot kering akar lebih rendah. Partisi asimilat yang lebih banyak ke arah akar merupakan respon tanaman terhadap cekaman kekurangan air. Asimilat tersebut digunakan untuk memperluas sistem perakaran dalam memenuhi kebutuhan transpirasi di bagian atas tanaman.

Respon Pertumbuhan dan Hasil

Tinggi tanaman, luas daun, dan bobot tanaman merupakan peubah pertumbuhan yang dapat dilihat dari pertambahan ukuran tanaman. Menurut Ndjiondjop *et al.* (2010) kekeringan berpengaruh terhadap tinggi tanaman, umur berbunga, dan hasil padi. Dampak yang ditimbulkan oleh kekeringan adalah berkurangnya perakaran, perubahan sifat daun (bentuk, lapisan epikutikula, warna), dan umur tanaman lebih panjang (Blum 2002). Penelitian Sabetfar *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman padi lebih rentan terhadap kekeringan pada fase pembentukan anakan dan inisiasi malai, dibandingkan dengan pada fase umur berbunga 50%.

Cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan produktif, jumlah gabah isi, panjang malai, biomas, dan hasil. Sulistiyono *et al.* (2012) melaporkan bahwa penurunan hasil padi akibat cekaman kekeringan dari lima galur padi sawah (BP1027F-PN-1-2-1-KN-1-MR-3-3, B10894B-MR-2-3-KN-2-1-1-2, B10214F-KN-2-3-2-1, B10214F-KN-2-1-1-2, KAL9418F-KN-2-1-1-2) bervariasi antara 32,4-48,87%. Titik kritis kelembaban tanah pada

fase vegetatif -35,9 kPa, fase reproduktif -25,8 kPa, dan fase pemasakan 0,3 kPa.

Kekeringan juga menurunkan jumlah anakan, perubahan pola perakaran, keterlambatan pembungaan (Audebert *et al.* 2013), jumlah daun per rumpun, dan luas daun (Zubaer *et al.* 2007). Secara umum, cekaman kekeringan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan luas daun dibanding perkembangan biomas (Cabuslay *et al.* 2002). Kekeringan pada fase vegetatif dan generatif menurunkan kandungan air pada daun padi varietas Nerica yang kemungkinan disebabkan oleh hilangnya air melalui evapotranspirasi (Sikuku *et al.* 2012).

Kekeringan pada fase vegetatif menghambat pertumbuhan daun dan akar, besar pengaruhnya tidak sama. Pertumbuhan daun menurun lebih besar daripada pertumbuhan akar sehingga terjadi penurunan nisbah tajuk-akar. Pada fase generatif, fotosintat banyak dialihkan ke bagian generatif, yaitu malai dan gabah, sehingga pertumbuhan akar menjadi lebih terhambat daripada pertumbuhan bagian tajuk. Cekaman kekeringan yang terjadi pada saat fase vegetatif akan mengganggu inisiasi pengisian biji yang menyebabkan spikelet steril dan gabah hampa (Mostajeran and Eichl 2009).

Terdapat tiga stadia fase generatif yang sangat rentan terhadap kekeringan, yaitu (1) stadia pembentukan malai, (2) penyerbukan/pembuahan, dan (3) pengisian biji. Kekurangan air pada stadia pembentukan bunga menurunkan jumlah gabah yang terbentuk atau penurunan jumlah gabah per malai. Pada stadia penyerbukan/pembuahan kekurangan air meningkatkan jumlah gabah hampa. Hal ini disebabkan karena tepung sari menjadi mandul sehingga tidak terjadi pembuahan. Kekurangan air pada stadia pengisian biji akan menurunkan bobot 1.000 biji, karena gabah tidak terisi penuh atau ukuran gabah lebih kecil dari normalnya. Apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan pada salah satu dari ketiga stadia tersebut maka dapat dipastikan akan terjadi penurunan hasil. Cekaman kekeringan yang terjadi pada fase inisiasi malai menurunkan panjang malai secara drastis, tetapi tidak ada pengaruhnya jika cekaman kekeringan terjadi pada saat anthesis atau pengisian malai. Cekaman kekeringan pada saat inisiasi malai menurunkan bobot kering malai dan jumlah butir per malai, yang berdampak terhadap penurunan hasil gabah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penurunan fotosintesis sehingga mengurangi produksi asimilasi untuk pertumbuhan malai dan pengisian gabah (Akram *et al.* 2013). Cekaman kekeringan tidak hanya menekan pertumbuhan dan hasil tetapi juga menjadi penyebab kematian tanaman (Djazuli 2010).

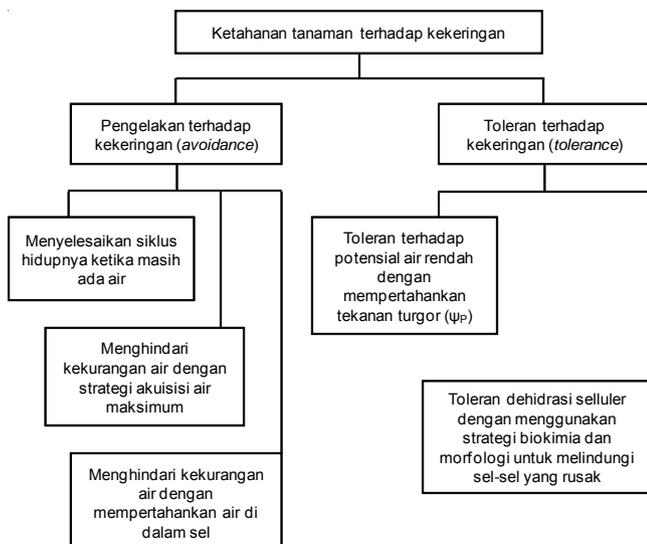
KETAHANAN TANAMAN TERHADAP KEKERINGAN

Tanaman memiliki mekanisme beradaptasi dalam menghadapi cekaman biotik dan abiotik. Hal ini termasuk mekanisme fotosintesis, osmoregulasi, dan enzim antioksidan. Fotosintesis merupakan proses metabolisme mendasar tanaman untuk dapat beradaptasi pada kondisi tercekam (Liu *et al.* 2007). Kekurangan air mengakibatkan proses fisiologis maupun morfologis tidak normal, yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat atau terhenti. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan adalah sebagai berikut:

- a) Lolos dari kekeringan (*drought escape atau escaping*), berarti tanaman mampu mengatur plastisitas pertumbuhan atau menyelesaikan daur hidupnya sebelum mengalami kekeringan. Genotipe padi yang mampu meloloskan dari kekeringan karena memiliki umur berbunga yang pendek. Mekanisme morfo-fisiologis tanaman untuk menghindari dari cekaman kekeringan adalah dengan memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air yang relatif jauh dari permukaan tanah pada saat terjadi cekaman kekeringan (Abdullah *et al.* 2010))
- b) Ketahanan terhadap kekeringan (*actual drought resistance*) dibagi menjadi dua, yaitu:
 - Mekanisme pengelakan (*drought avoidance*), yaitu kemampuan tanaman untuk mempertahankan potensial air sel tetap tinggi, selaras dengan semakin meningkatnya cekaman kekeringan, sehingga turgiditas sel tetap tinggi dengan cara mengurangi kehilangan air atau

meningkatkan penyerapan air. Cara meningkatkan penyerapan air adalah memperdalam sistem perakaran. Genotipe padi yang *avoidance* kekeringan kemungkinan akan mengalami perubahan nisbah tajuk-akar. Penggulungan daun merupakan mekanisme penghindaran terhadap kekeringan (*drought avoidance*) yang berkaitan dengan penyesuaian laju transpirasi untuk mempertahankan potensial air daun tetap tinggi pada kondisi kekeringan (Tubur *et al.* 2012).

- Mekanisme toleransi (*drought tolerance*) yaitu kemampuan tanaman melakukan penyesuaian osmotik sel, agar pada kondisi potensial air, sel yang menurun disebabkan oleh kekeringan, turgiditas tetap tinggi. Turgiditas sel dapat dipertahankan dengan meningkatkan potensial osmotik sel dengan meningkatkan kadar bahan larut di dalam sel. Salah satu bahan larut yang kadarnya meningkat selama kekeringan adalah asam amino prolin. Oleh karena itu, genotipe padi yang toleran kekeringan memiliki prolin yang lebih tinggi (Man *et al.* 2011).
 1. Toleransi dengan potensial air jaringan yang tinggi (*dehydration avoidance*), yaitu kemampuan tanaman untuk tetap menjaga potensial jaringan dengan cara meningkatkan penyerapan air atau menekan kehilangan air. Tanaman memiliki kemampuan untuk meningkatkan sistem perakaran dan menurunkan hantaran epidermis dengan regulasi stomata, pembentukan lapisan lilin, bulu yang tebal, dan penurunan permukaan evapotranspirasi melalui penyempitan daun dan pengguguran daun tua (Xiong *et al.* 2006).
 2. Toleransi dengan potensial air jaringan yang rendah (*dehydration tolerance*), yaitu kemampuan tanaman untuk menjaga tekanan turgor sel dengan menurunkan potensial air melalui akumulasi larutan seperti gula dan asam amino atau dengan meningkatkan elastisitas sel. (Martinez *et al.* 2007).



Gambar 3. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Bray 2001).

VARIETAS PADI TOLERAN KEKERINGAN

Varietas unggul merupakan hasil dari kegiatan pemuliaan tanaman dan merupakan salah satu kunci dalam peningkatan produksi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam menghadapi kekeringan adalah dengan menggunakan varietas padi toleran kekeringan. Karakter varietas padi toleran kekeringan diantaranya batang agak tegak, tahan penyakit blas, dan toleran AI. Varietas padi tahan kekeringan dengan umur genjah mempunyai peluang

Tabel 1. Varietas padi toleran kekeringan.

No	Varietas	Umur tanaman (HSS)	Potensi hasil (t/ha)	Tekstur nasi
1	Limboto	105	6	Sedang
2	Batutegi	112-120	6	Pulen
3	Towuti	105-115	7	Pulen
4	Situ Patenggang	110-120	5,6	Sedang
5	Situ Bagendit	110-120	5	Sedang
6	Inpago 4	124	6,1	Pulen
7	Inpago 5	118	6,2	Sangat pulen
8	Inpago 6	113	5,8	Pulen
9	Inpago 7	111	7,4	Pulen
10	Inpago 8	119	8,1	Pulen
11	Inpago 9	109	8,4	Sedang
12	Inpago 10	115	7,3	Sedang
13	Inpari 16	118	7,6	Pulen
14	Inpari 18	102	9,5	Pulen
15	Inpari 19	104	9,5	Pulen
16	Inpari 38	115	8,1	Pulen
17	Inpari 39	115	8,4	Pulen
18	Inpari 40	116	9,6	Sedang
19	Inpari 41	114	7,8	Pulen

Sumber: Balitbangtan 2015

untuk ditanam pada daerah iklim kering dengan periode hujan singkat (Suardi 2000). Balitbangtan telah menghasilkan beberapa varietas yang toleran kekeringan (Tabel 1). Berdasarkan penelitian Yugi (2011) varietas Kalimutu, Cisokan, Situ Patenggang, dan Gilirang menunjukkan tingkat toleransi tinggi terhadap kekeringan yang mampu bertahan lama lebih dari 8 hari pada kondisi kadar air rendah (10%).

KESIMPULAN

Cekaman kekeringan mempengaruhi semua faktor pertumbuhan tanaman padi, mulai dari perubahan fisiologi, morfologi, pola pertumbuhan, dan akhirnya mempengaruhi hasil. Respon morfologi dan fisiologi dapat digunakan sebagai salah satu indikator yang dapat digunakan dalam seleksi varietas yang toleran kekurangan air. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan adalah dengan cara lolos dari kekeringan dan ketahanan terhadap kekeringan dengan pengelakan dan toleran kekeringan. Balitbangtan telah merilis beberapa varietas padi toleran kekeringan yang mempunyai potensi hasil tinggi di lahan-lahan kering.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A. A., M. H. Ammar, and A. T. Badawi. 2010. Screening rice genotypes for drought resistance in Egypt. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 2(7):205-215.

Akram, H. M., A. Ali, A. Sattar, H.S.U. Rehman, and A. Bibi. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *The Journal Animal and Sciences* 23(5):1415-1423.

Audebert, A., F. Asch, and M. Dingkuhn. 2013. Morpho-physiological research on drought tolerance in rice at WARDA. Field screening in drought tolerance in crop plants with emphasis on rice. IRRI.

Balitbangtan. 2011. Pedoman umum adaptasi perubahan iklim sektor pertanian. Badan Litbang Pertanian. 67p.

Balitbangtan. 2015. Deskripsi varietas unggul baru padi. Badan Litbang Pertanian. 77p.

Banyo, Y.E., N.S. Ai, P. Siahaan, dan A.M. Tangapo. 2013. Konsentrasi klorofil daun padi pada saat kekurangan air yang diinduksikan dengan polietilen glikol. *Jurnal Ilmiah Sains* 13(1):1-8.

Blum, A. 2002. Drought tolerance. Field screening for drought in crop plants with emphasis on rice. Proceeding of an International Workshop on Field Screening for Drought Tolerance in Rice. ICRISAT. India.

Bouman, B.A.M., E. Humphreys T.P. Tuong, and R. Barker. 2007. Rice and water. *Adv. Agron.* 92:187-237.

Bray, E.A. 2001. Plant response to water-deficit stress. *Encyclopedia of Life Sciences*.

Cabuslay, G.S., O. Ito, and A.A. Alejar. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science* 163:815-827.

Castillo, E.G., T.P. Tuong, U. Singh, K. Inubushi, and J. Padilla. 2006. Drought response of dry seeded rice to water stress timing, N-fertilizer rates and sources. *Soil Sci. Plant Nutr.* 52:249-508.

Chutia, J. and S.P. Borah. 2012. Water stress effect on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* Linn.) genotypes of Assam, India II. Protein and proline status in seedling under PEG induced water stress. *American Journal of Plant Sciences* 3:971-980.

Djazuli, M. 2010. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan dan beberapa karakter morfo-fisiologis tanaman nilam. *Bul. Littro.* 21(1):8-17.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress : effect, mechanism and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29:185-212.

Fischer, K.S. and S. Fukai. 2003. How rice respond to drought. Breeding rice for drought-prone environment. IRRI.

Guo, R., W. Hao, and D. Gong. 2012. Effect of water stress on germination and growth of linseed seedling (*Linum usitatissimum* L.) photosynthetic efficiency and accumulation of metabolites. *Journal of Agricultural Science* 4(10):253-265.

Kadir, A. 2011. Respon genotipe padi mutan hasil iradiasi sinar gamma terhadap cekaman kekeringan. *J. Agrivivor* 10(3):235-246.

- Khaerana, M. Ghulamahdi, dan E.D. Purwakusumah. 2008. Pengaruh cekaman kekeringan dan umur panen terhadap pertumbuhan dan kandungan xanthorrhizal temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* roxb.) Bul. Agron. 36:241-247.
- Liu, F., Jensen, and Andersen, M. N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate in soybeans leaves and pods during during early reproductive development: its implication in altering pod set. J. Field Crop Research 86:1-13.
- Liu, H.Y., J.Y. Li, Y. Zhao, and K.K. Huang. 2007. Influence of drought stress on gas exchange and water use efficiency of *salix psammophila* growing in five places. Arid. Zone. Res. 24:815-820.
- Maisura, M., A. Chozin, I. Lubis, A. Junaedi, and H. Ehara. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. J. Issaas 20(1):104-114.
- Man, D., Y. X. Bao, and L. B. Han. 2011. Drought tolerance associate with proline and hormone metabolism in two tall fescue cultivars. Hort Science 46(7): 1027-1032.
- Martinez, J. P., H. Silva, J. F. Ledent, and M. Pinto. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Europ J. Agronomy 26: 30-38.
- Mostajeran, A. and V.R. Eichi. 2009. Effects of drought stress on growth and yields of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 5(2):264-272.
- Nonami, H. 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. Journal of Plant Research 111:373-382.
- Ndjondjop, M.N., F. Cisse, K. Futakuchi, M. Lorieux, B. Manneh, R. Bocco, and B. Fatondji. 2010. Effect of drought on rice (*Oryza* spp.) genotypes according to their drought tolerance level. Second Africa Rice Congress. Mali.
- Oukarroum A., S.E. Madidi, G. Schansker, and R.J. Strasser. 2007. Probing the response of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and rewatering. Environmental and Experimental Botany 60(3):438-446.
- Rahayu, E.S., E. Guhardja, S. Ilyas, dan Sudarsono. 2005. Polietilena glikol (PEG) dalam media in vitro menyebabkan kondisi cekaman yang menghambat tunas kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). Berk. Pen. Hayati 11:39-48.
- Sabetfar, S., M. Ashouri, E. Amiri, and S. Babazadeh. 2013. Effect of drought stress at different growth stages on yield and yield component of rice plant. Persian Gulf Crop Protection 2(2):14-18.
- Sikuku, P.A., G.W. Netondo, J.C. Onyango, and D.M. Musyimi. 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of nerica rainfed rice (*Oryza sativa* L.). ARPN Journal of Agricultural Biological Science 5(1):23-28.
- Sikuku, P.A., J.C. Onyango, and G.W. Netondo. 2012. Physiological and biochemical responses of five nerica rice varieties (*Oryza sativa* L.) to water deficit at vegetative and reproductive stage. Agric. Biol. J. N. Am. 3(3):93-104.
- Suardi, D. 2000. Kajian metode skrining padi tahan kekeringan. Buletin Agrobio 3(2):67-73.
- Sulistyono, E., Suwarno, dan I. Lubis. 2011. Karakterisasi morfologi dan fisiologi untuk mendapatkan marka morfologi dan fisiologi padi sawah tahan kekeringan (-30 kPa) dan produktivitas tinggi (> 8 t/ha). Agrovigor 6(2):92-102.
- Sulistyono, E., Suwarno, I. Lubis, dan D. Suhendar. 2012. Pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan produksi lima galur padi sawah. Agrovivor 5(1):1-7.
- Tao, H., H. Brueck, K. Dittert, C. Kreye, S. Lin, and B. Sattelmacher. 2006. Growth and yield formation for rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS). Field Crops Research 95(1):1-12.
- Thoruan-Mathius, N., T. Liwang, M.I. Danuwiksa, G. Suryatmana, H. Djajasukanta, D. Saodah, dan I. G. P. W. Astika. 2004. Respon biokimia beberapa progeni kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq) terhadap cekaman kekeringan pada kondisi lapang. Jurnal Menara Perkebunan 72(2):38-56.
- Tubur H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, dan A. Junaedi. 2012. Respon agronomi varietas padi terhadap periode kekeringan pada sistem sawah. J.Agron. Indonesia 40(3):167-173.
- Taiz, L. dan E. Zeiger. 2006. Plant physiology. Sinauer Associates Inc. Publisher. Massachusetts. 781p.
- Xiong, L., R. G. Wang, G. Mao, and J. M. Koczan. 2006. Identification of drought tolerance determinant by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. Plant Physiol 142:1065-1074.
- Yugi, A. 2011. Toleransi varietas padi gogo terhadap kondisi kekeringan berdasarkan kadar air tanah dan tingkat kelayuan. Agrin. 15(1):1-7.
- Zubaer, M.A., A.K.M. M.B. Chowdhury, M.Z. Islam, and M.A. Hasan. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of aman rice genotypes. Int. J. Sustain. Crop Prod. 2(6):25-30.

