

KARAKTERISTIK MORFOLOGI PADI YANG MENGALAMI KEKERINGAN PADA BERBAGAI FASE

Cut Nur Ichsan¹⁾, Muhammad Fadhly²⁾ dan Bachtiar³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
Email: Cut_nurichsan@unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Tanaman padi merupakan tanaman yang memperlihatkan tampilan spesifik akibat kekeringan (Pandey et al., 2015). Tampilan morfologi tanaman padi pada kondisi kekeringan dapat dijadikan acuan kritis kekeringan dan marka morfologi kekeringan (sulistiono et al., 2011). Berbagai penelitian dilakukan menyakut tampilan morfologi telah dilakukan sebagai acuan untuk menyeleksi tanaman padi yang tahan kekeringan. Penelitian karakteristik Morfologi Padi Yang Mengalami Kekeringan Pada Fase vegetatif dilakukan sebagai antisipasi perubahan iklim yang mengharuskan dilakukan pemilihan varietas/genotipe tahan kekeringan. Penelitian dilakukan dengan rancangan split plot 4x5 dengan 3 ulangan di mana kekeringan mempunyai 4 taraf yaitu pengairan normal (penyiraman padi dan sore) (K0), penyiraman dilakukan sampai jenuh dengan genangan dan jika daun tanaman padi telah menggulung penuh baru dilakukan penyiraman kembali. Keadaan ini dilakukan berulang kali selama fase vegetatif (K1) sedangkan untuk (K2) perlakuan kekeringan dilakukan pada fase genatif dengan cara menghentikan penyiraman setelah penjuhan dan menyiram kembali setelah daun menggulung penuh, sedangkan untuk (K3) perlakuan pengeringan pada fase reproduktif dengan cara menghentikan penyiraman setelah penjuhan sampai daun menggulung penuh. Varietas yang digunakan adalah varietas Towuti, Inpari 7, Situpatenggang, genotipe sanbe dan barcelona. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan kekeringan pada berbagai fase berpengaruh sangat nyata terhadap karakteristik morfologi kekeringan pada tanaman padi. Karakter persentasi gabah berisi dapat dijadikan marka ketahanan kekeringan padi pada berbagai fase. Padi lokal Sanbe dan Barcelona mempunyai tampilan kekeringan secara morfologi yang menyamai padi unggul Nasional seperti Situpatenggang yang dirancang untuk lahan kering Ultisol

Kata Kunci: Fase, Kekeringan, Padi, Morfologi.

PENDAHULUAN

Kondisi kekeringan yang sering terjadi akhir-akhir ini telah menyebabkan kegagalan produksi beras di beberapa daerah di Indonesia (BPS, 2015). Hal tersebut perlu diantisipasi sejak dini dengan penetapan jadwal tanam yang tepat, pola tanam yang tepat, dan paket teknologi spesifik lokasi. Penetapan jadwal tanam saat ini telah berpedoman pada ketersediaan air dan kebutuhan air tanaman. Namun demikian, gagal panen masih sering terjadi karena curah hujan yang tidak datang sesuai dengan prediksi waktu tanam. Sehingga gagal panen dapat terjadi tidak saja dilahan kering atau tadah hujan, tapi dapat juga terjadi pada sawah beririgasi.

Di beberapa daerah Indonesia, telah terjadi gagal panen pada sawah beririgasi karena tidak

sesuainya pasokan air dari waduk dengan luas lahan yang diairi. Walaupun secara teknis waduk telah dirancang dengan pasokan air yang mencukupi dari reservoir alam atau hutan disekelilingnya. Namun kelayakan yang telah dibuat tidak lagi dapat menjamin pasokan air yang mencukupi pada setiap musim tanam. Karenanya diperlukan antisipasi lainnya dengan menggunakan varietas maupun genotipe lokal yang tahan kekeringan. Di Indonesia terdapat 12 varietas paling tahan kekeringan (BB Padi, 2015). Selain varietas yang tahan kekeringan juga telah dilepas varietas untuk lahan beririgasi yang tahan kering, seperti Inpari 33, Inpari 30 dan telah pula dilepas varietas-varietas yang tahan genangan tinggi karena telah disisipi dengan gen tahan genangan. Hal ini untuk

mengantisipasi jika terjadi banjir atau untuk penanaman pada lahan rawa dengan genangan tinggi.

Selain itu untuk meningkatkan produksi padi di lahan kering telah pula dikembangkan teknologi spesifik bahan kering dan tadah hujan. Seperti paket teknologi untuk Padi Gogo dan Gogo Gancah. Selain itu juga dilengkapi dengan peralatan pembantu untuk penetapan pemupukan yang tepat yaitu dengan perangkat peralatan uji tanah kering (PUTK) dan peralatan uji tanah basah (PUTB) serta peralatan untuk mendeteksi pupuk palsu. Hal ini semua dilakukan agar produksi padi dapat meningkat.

Namun demikian, peningkatan produksi padi di Indonesia masih belum stabil. Terkadang terjadi fluktuasi produksi padi di beberapa daerah yang menyebabkan produksi padi nasional menjadi tidak stabil walaupun beberapa daerah yang telah ditetapkan sebagai lumbung beras nasional telah berhasil melampaui target yang ditetapkan. Misalnya daerah Aceh telah berhasil melampaui target yang ditetapkan untuk surplus 1 juta ton gabah kering giling, Demikian pula Banten dan beberapa daerah lainnya (BPS, 2015).

Hal diatas tidak hanya terjadi di Indonesia namun juga dunia. Perubahan produksi beras secara global akibat kekeringan terus terjadi (Ray et al, 2013). Perubahan produksi beras dunia telah terjadi selama tiga dekade terakhir (Ray et al, 2015). kekeringan telah menyebabkan turunnya produksi di beberapa daerah di Indonesia yang mengancam turunnya produksi beras nasional. Keadaan ini memerlukan pengkajian pengaruh kekeringan pada berbagai fase tumbuh terhadap karakteristik fisiologi maupun morfologi tanaman padi. Karakteristik fisiologi dapat berupa kemampuan tanaman secara fisiologi untuk dapat berproduksi pada kondisi kekeringan. Sedangkan karakter morfologi merupakan tampilan tanaman akibat kekeringan untuk dapat bertahan pada kondisi kekeringan.

Klasifikasi karakter morfologi ketahanan kekeringan tanaman padi meliputi penurunan

daya kecambah, penurunan tinggi tanaman, panjang daun, biomassa, anakan, jumlah daun, ukuran daun, dan meningkatkan daun menggulung. Selain itu kekeringan pada tanaman padi dapat menurunkan atribut hasil yang meliputi translokasi asimilat, peningkatan gabah hampa, menurunkan jumlah gabah berisi, ukuran gabah, berat gabah dan hasil (Pandey dan Sukhla, 2015).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di rumah plastik Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dari tanggal 3 Mei sampai 30 September 2015. Penelitian ini menguji tiga varietas unggul nasional dan genotip lokal dalam pot dan diberi perlakuan kekeringan dengan penghentian penyiraman yang dihentikan mulai umur 20 hari setelah tanam, sampai daun menggulung penuh dan baru dilakukan penyiraman kembali sampai air tergenang 2,5 cm (untuk perlakuan K1). Sedangkan untuk perlakuan K2 pengeringan dilakukan sampai umur 45 HST sampai daun menggulung penuh, baru dilakukan pengairan kembali. Untuk perlakuan K3 pengeringan dilakukan pada umur 80 HST sampai daun menggulung penuh baru dilakukan pengairan kembali. Sedangkan K0 adalah pengairan normal dengan mempertahankan genangan air 2,5 cm.

Setiap pot ditanami satu bibit padi umur 15 hari setelah semai. Pot diisi dengan tanah dengan berat 10 kg. Setiap pot dipupuk dengan 3,75 gram NPK dan 0,5 gram urea, sehari sebelum tanam dan 35 hari setelah tanam serta 56 hari setelah tanam. Tanaman dipanen jika telah masuk kriteria panen. Umur pemanenan dilihat jika sudah masuk kriteria panen. Varietas yang ditanam adalah varietas Towuti (V1), Inpari 7 (V2), Situ Patenggang (V3), Sanbe (V4), Pade Barcelona (V5).

Pengamatan dilakukan terhadap rata-rata jumlah anakan Padi umur 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 MST akibat kekeringan dan varietas, rata-rata berat kering akar padi akibat kekeringan dan varietas, Rata-rata volume akar padi akibat kekeringan dan varietas, Rata-rata panjang akar

padi akibat kekeringan dan varietas, Rata-rata panjang daun padi akibat kekeringan dan varietas, rata-rata berat gabah per pot akibat kekeringan dan varietas, rata-rata persentase gabah berisi dan persentase gabah hampa akibat perlakuan kekeringan dan varietas.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F untuk melihat pengaruh kekeringan dan varietas. Sedangkan untuk melihat beda nyata antar taraf kekeringan dan varietas menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT 0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji F menunjukkan bahwa perlakuan kekeringan pada berbagai fase pertumbuhan tanaman padi dan varietas berpengaruh nyata terhadap beberapa parameter morfologi dan komponen hasil padi. Hasil uji lanjut untuk melihat beda nyata antar berbagai taraf perlakuan kekeringan dan varietas pada berbagai parameter morfologi dan komponen hasil padi yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 1 sampai 6 dibawah ini.

Tabel 1. Rata-rata jumlah anakan Padi umur 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 MST akibat perlakuan kekeringan.

Perlakuan	Jumlah Anakan (batang)					
	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST
Kekeringan						
K ₀	7.07	16.40	19.33 a	23.20 a	26.93 a	31.27 a
K ₁	7.73	16.27	20.47 b	25.20 b	31.20 b	36.13 b
K ₂	9.60	18.80	22.73 b	27.93 c	32.60 b	36.80 b
K ₃	6.27	13.27	16.80 a	21.93 a	26.47 a	32.13 a
BNT _{0,05}	-	-	3,49	2,12	2,62	2,09

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNT 0,05.

Tabel 2. Rata-rata jumlah anakan Padi umur 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 MST pada berbagai varietas.

Perlakuan	Jumlah Anakan (batang)					
	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST
Varietas						
Tuwoti	6.92 a	14.00 a	17.42 a	22.33 a	27.00 a	31.67 a
Inpari 7	7.08 a	13.83 a	17.33 a	21.58 a	26.67 a	32.75 a
Situ Patenggang	6.83 a	12.92 a	16.25 a	20.83 a	25.75 a	30.33 a
Sanbei	9.33 b	21.17 b	25.17 b	30.08 b	34.58 b	39.33 b
Pade Barcelona	8.17 a	19.00 b	23.00 b	28.00 b	32.50 b	36.33 b
BNT _{0,05}	1,86	3,13	3,46	3,70	3,73	4,39

Secara morfologi perlakuan kekeringan maupun varietas mempengaruhi jumlah anakan yang terbentuk pada umur 2-7 minggu. Pada umur 2-7 minggu terjadi peningkatan jumlah anakan pada perlakuan kekeringan K1 dan K2 yang berbeda nyata dengan jumlah anakan pada perlakuan K0 dan K3 demikian pula halnya dengan varietas dan genotipe yang memperlihatkan pengaruh terhadap jumlah anakan, jumlah anakan tertinggi pada 2-7 minggu terdapat pada genotipe Sanbe yang berbeda nyata dengan genotipe lainnya kecuali

dengan genotipe Pade Barcelona yang jumlah anakannya tidak berbeda nyata.

Banyaknya jumlah anakan pada perlakuan K1 dan K2 karena penghentian pengairan pada fase vegetatif dan generatif dapat menstimulasi pembentukan anakan yang lebih banyak karena pada perlakuan ini aktifitas perakaran lebih baik karena jumlah oksigen tersedia lebih banyak dan anakan yang timbul dapat terus hidup. Sedangkan pada perlakuan K3 yaitu menghentikan perairan pada fase reproduktif keadaan tanah tetap pada keadaan jenuh air selama pada fase vegetatif dan generatif,

sehingga aktifitas perakaran menurun yang menyebabkan anakan tidak banyak muncul. Sedangkan pada perlakuan K0 dimana tanah selalu jenuh air aktifitas perakaran berkurang karena berkurangnya kadar oksigen yang masuk

kedalam tanah sehingga perakaran yang muncul lebih sedikit.

Sedangkan untuk tampilan morfologi lainnya akibat perlakuan kekeringan dan varietas dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 dibawah ini.

Tabel 3. Rata-rata nilai parameter morfologi pada berbagai perlakuan kekeringan.

Perlakuan Kekeringan	Berat Akar Kering(g)	Volume Akar (cm ³)	Panjang Akar (cm)	Panjang Daun (cm)
K ₀	22.26	37.27	28.91	26.47
K ₁	23.15	41.53	28.64	27.67
K ₂	29.06	41.87	29.27	26.40
K ₃	28.00	45.40	27.26	27.07

Tabel 4. Rata-rata nilai parameter morfologi pada berbagai varietas padi.

Perlakuan Varietas	Berat Akar Kering (g)	Volume Akar (cm ³)	Panjang Akar (cm)	Panjang Daun (cm)
Tuwoti	22.59 a	34.83 a	30.25	31.00 b
Inpari 7	17.73 a	32.83 a	26.57	17.33 a
Situ Patenggang	25.71 a	39.25 a	28.87	32.42 b
Sanbei	32.38 b	49.17 b	29.49	34.17 c
Pade Barcelona	29.68 b	51.50 b	26.51	19.58 a
BNT _{0,05}	8,54	10,38		2,90

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNT 0,05.

Rata-rata berat kering akar tanaman padi tidak berbeda nyata akibat kekeringan tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering akar padi tetapi varietas berpengaruh nyata terhadap berat kering akar padi. Berat kering akar genotipe Sanbe dan Barcelona lebih tinggi dibanding dengan varietas Towuti, Inpari 7, dan Situpatenggang.

Sedangkan rata-rata volume akar pada berbagai perlakuan kekeringan untuk berbagai fase tidak berbeda nyata. Hal ini dikarenakan varietas yang diteliti mempunyai respon yang sama terhadap kekeringan, sehingga tampilan morfologi nya tidak berbeda nyata. Sedangkan pengaruh varietas terhadap tampilan morfologi memperlihatkan perbedaan yang nyata. Volume akar pada berbagai varietas berbeda nyata dimana volume akar genotipe Sanbei dan Pade Barcelona berbeda nyata dengan volume akar varietas Inpari 7, Towuti, dan Situpatenggang. Hal ini dikarenakan setiap varietas mempunyai

aktifitas gen yang berbeda-beda sehingga berpengaruh pada tampilan morfologinya.

Rata-rata panjang daun pada berbagai perlakuan kekeringan tidak berbeda nyata tetapi panjang daun pada berbagai varietas berbeda nyata. Panjang daun terpanjang terdapat pada genotipe Sanbei dibanding panjang daun pada varietas Situpatenggang dan Tuwoti. Panjang daun terpendek terdapat pada varietas Inpari 7 yang tidak berbeda nyata dengan panjang daun genotipe Pade Barcelona. Panjang daun juga merupakan tampilan morfologi yang dipengaruhi oleh gen pada masing-masing varietas sehingga tampilannya berbeda nyata. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Shafeek et al. (2006) dan Farooq et al. (2009) bahwa setiap genotipe dipengaruhi oleh kerja gen spesifik yang mempengaruhi ketahanan terhadap kekeringan. Hal ini dikarenakan fleksibilitas sel yang lebih baik pada kondisi kekeringan, sehingga aktifitas sel dapat berjalan normal.

Sedangkan untuk tampilan morfologi dan persentase gabah hampa per pot dapat komponen hasil berupa persentase gabah berisi dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Rata-rata persentase gabah berisi dan persentase gabah hampa akibat perlakuan kekeringan

Perlakuan Kekeringan	Persentase Gabah Berisi Per Pot (%)	Persentase Gabah Hampa Per Pot (%)	Berat Gabah Per Pot (g)
K ₀	75,34 b	24,66 a	26,13
K ₁	51,75 a	48,25 b	16,46
K ₂	74,03 b	25,97 a	21,95
K ₃	52,39 a	47,61b	14,88
BNT _{0,05}	12,46	12,46	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji BNT 0,05.

Tabel 6. Rata-rata nilai parameter komponen hasil pada berbagai varietas padi

Perlakuan Varietas	Persentase Gabah Berisi Per Pot (%)	Persentase Gabah Hampa Per Pot (%)	Berat Gabah Per Pot (g)
Tuwoti	63,06	36,94	20,89
Inpari 7	61,38	38,62	18,53
Situ Patenggang	60,11	39,89	15,56
Sanbei	69,25	30,75	27,25
Pade Barcelona	63,09	36,91	17,06

Sedangkan persentase gabah berisi dan gabah hampa dipengaruhi oleh perlakuan kekeringan pada berbagai fase tumbuh tetapi tidak dipengaruhi oleh varietas persentase gabah hampa tertinggi terdapat pada perlakuan K₂ yang tidak berbeda nyata dengan persentase gabah hampa pada perlakuan K₃. K₁ yaitu penyiraman dihentikan mulai umur 20 hari setelah disiram sampe jenuh kemudian tidak lagi dilakukan penyiraman sampai daun menggulung penuh baru dilakukan penyiraman penuh. Sedangkan K₃ penyiraman dihentikan pada umur 80 HSS sampai daun menggulung penuh baru dilakukan penyiraman kembali. Penghentian penyiraman pada umur 80HSS pada fase pematangan menyebabkan gabah hampa sama dengan persentase gabah hampa pada perlakuan penghentian penyiraman pada fase vegetatif secara berulang sampai panen.

Sedangkan perlakuan K₂ penghentian penyiraman pada umur 45 HSS sampai daun menggulung penuh yang dilakukan secara berulang, menyebabkan jumlah gabah hampa relatif kecil dan tidak berbeda nyata dengan kontrol, hal ini dikarenakan penghentian penyiraman tidak terkena pada fase kritis padi.

Fase kritis padi yaitu pada saat 21 hari sebelum munculnya malai atau fase premordia. Penghentian penyiraman pada fase ini menyebabkan gabah hampa paling tinggi karena terjadi kerusakan malai sebelum muncul.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Tubur et al (2012), kekeringan menyebabkan peningkatan persentase bijih hampa pada beberapa varietas padi. Tingginya persentase gabah berisi pada perlakuan K₀ dan K₂ dikarenakan pada K₀ keadaan air normal menyebabkan pasokan bahan baku fotosintesis tidak terganggu sehingga pembentukan asimilat untuk pengisian gabah berjalan normal, demikian pula pada K₂ penghentian pengairan dilakukan pada fase generatif sehingga sudah terdapat akumulasi asimilat pada jaringan tanaman sebelum dilakukan perlakuan kekeringan tanaman. Asimilat yang tertimbun pada jaringan tanaman memasok 40% dari asimilat yang diisi kedalam gabah. Sedangkan pada perlakuan K₁ dan K₃ dimana penghentian pengairan pada fase vegetatif dan reproduktif menyebabkan timbunan asimilat pada jaringan tanaman berkurang, demikian asimilat yang dihasilkan pada fase reproduktif terganggu,

sehingga pasokan asimilat kedalam gabah berkurang yang menyebabkan rendahnya persentase biji berisi pada kedua perlakuan tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Pandey dan Shukla (2015) bahwa kekeringan dapat menurunkan persentase biji berisi. Sedangkan pada berat gabah berisi per pot tidak berbeda nyata pada berbagai perlakuan kekeringan. Hal ini bisa saja disebabkan karena telah terjadi penurunan ukuran gabah akibat perlakuan kekeringan sehingga menyebabkan berat gabah berisi per pot tidak berbeda nyata. Walau pun berat 1000 biji pada berbagai varietas berbeda nyata tetapi berat 1000 biji pada perlakuan kekeringan tidak berbeda nyata. Hal ini mempertegas terjadinya pengurangan pada ukuran dan berat yang semestinya berbeda jika dilihat dari varietas tetapi karena pengaruh kekeringan berat 1000 biji menjadi tidak berbeda. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ahadiat et. al. (2015) bahwa kekeringan menurunkan ukuran gabah, juga sejalan dengan penelitian Castillo et. al (2006) bahwa kekeringan dapat menurunkan ukuran dan berat gabah. Juga sejalan dengan penelitian Ji et. al. (2012) bahwa kekeringan dapat menyebabkan gangguan pada pengisian biji. Demikian pula pada persentase biji hampa yang meningkat pada beberapa perlakuan kekeringan. Hal ini

DAFTAR PUSTAKA

Ahadiyat Y R, Hidayat P, Susanto U. 2014. Drought tolerance, phosphorus efficiency and yield characters of upland rice lines. *Emir J Food Agric*, 26(1): 25–34.

Bouman B A M, Peng S, Castañeda A R, Visperas R M. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agric Water Manag*, 74(2) : 87–105.

BPS. 2015. Indonesia Dalam Angka. BPS. Jakarta.

Castillo E G, Tuong T P, Singh U, Inubushi K, Padilla J. 2006. Drought response of dry-seeded rice to water stress timing and N fertilizer rates and sources. *Soil Sci Plant Nutr*, 52(4): 496–508.

sejalan dengan penelitian Khumura et. al (2014) bahwa kekeringan dapat meningkatkan persentase biji hampa pada padi. Keadaan diatas disebabkan karena kondisi kekeringan terjadi gangguan fisiologis berupa penurunan kadar klorofil, aktifitas fotosistem II, fotosintesis, daya hantar stomata, efisiensi penggunaan air, kadar air relatif, kadar stabilitas membran, kadar ABA, penurunan difusi CO₂. Sehingga menyebabkan gangguan atribut hasil dikarenakan gangguan pada translokasi asimilat (Pandey dan Shukla, 2015).

Tingginya biji hampa juga disebabkan oleh gangguan fotosintesis selama kekeringan. Hal ini dapat dilihat dari status air pada daun selama terjadinya kekeringan sehingga mengganggu aktifitas fotosintesis Ding et. al. (2014). Hal ini yang menyebabkan tingginya persentase biji hampa.

KESIMPULAN

Keadaan kekeringan pada berbagai fase tumbuh tanaman padi mempengaruhi tampilan morfologi padi. Tampilan morfologi juga dipengaruhi oleh varietas yang diteliti. Persentase gabah hampa dapat dijadikan marka morfologi ketahanan kekeringan tanaman padi yang mengalami kekeringan pada berbagai fase tumbuh.

Ding L, Li Y R, Li Y, Shen Q R, Guo S W. 2014. Effects of drought stress on photosynthesis and water status of rice leaves. *Chin J Rice Sci*, 28(1): 65–70. (in Chinese with English abstract) Dingkuhn M, Farquhar G D, De Datta S K, O'Toole J C. 1991.

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

Feng F J, Xu X Y, Du X B, Tong H H, Luo L J, Mei H W. 2012. Assessment of drought resistance among wild rice accessions using a protocol based on single-tiller propagation and PVC-tube cultivation. *Aust J Crop Sci*, 6: 1205–1211.

- Ji K X, Wang Y Y, Sun W N, Lou Q J, Mei H W, Shen S H, Chen H. 2012. Drought-responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage. *J Plant Physiol*, 169(4) : 336–344.
- Kumar S, Dwivedi S K, Singh S S, Bhatt B P, Mehta P, Elanchezhian R, Singh V P, Singh O N. 2014. Morpho- physiological traits associated with reproductive stage drought tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under rain-fed condition of eastern Indo -Gangetic Plain. *Ind J Plant Physiol*, 19(2): 87–93.
- Pandey V., Shukla A.. 2015 Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. *Rice Science*, 2015, 22(4): 147-161
- Ray D K, Mueller N D, West P C, Foley J A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS One*, 8(6): e66428.
- Ray D K, Gerber J S, MacDonald G K, West P C. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nat Commun*, 6: 5989.
- Sulistiyono E., Suwarno, Lubis I. 2011. Karakterisasi Morfologi Dan Fisiologi Untuk Mendapatkan Marka Morfologi Dan Fisiologi Padi Sawah Tahan Kekeringan (-30 Kpa) Dan Produktivitas Tinggi (> 8 T/Ha). *J. Agrovigor* volume 6 no. 2.
- Shafeek, S., M. Ur-Rahman and Y. Zafar. 2006. Genetic variability of different wheat genotypes under induced water stress. *Pak. J. Bot.*, 38(5):1671-1678.
- Tubur H. W., Chozin M. A., Santosa E., Junaedi A. 2012. Respon Agronomi Varietas Padi terhadap Periode Kekeringan pada Sistem Sawah. *J. Agron. Indonesia* 40 (3) : 167 – 173.