

**RESPON PADI GOGO LOKAL DELI SERDANG SUMATERA UTARA
TERHADAP KONDISI CEKAMAN AIR**
**RESPONSE OF LOCAL UPLAND RICE FROM DELI SERDANG NORTH SUMATRA
TO WATER STRESS CONDITIONS**

Noverina Chaniago^{1*}, Hafiz Fadlu Rammadhan¹, Indra Gunawan¹

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara,
Jln. Sisingamangaraja 191, Medan 20217, Sumatera Utara, Indonesia

*email: noverinachaniago40515@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman padi sangat sensitif terhadap cekaman air. Respon padi gogo dalam kondisi kekeringan berawal dari respon secara fisiologis yang diikuti oleh perubahan secara morfologis dan anatomis. Penelitian bertujuan memperoleh informasi karakteristik morfologi, anatomi dan fisiologi beberapa genotipe padi gogo lokal Deli Serdang dalam kondisi cekaman air. Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi. Petak utama merupakan cekaman air terdiri atas tiga taraf yaitu: $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ air kapasitas lapang. Anak petak merupakan tiga genotipe padi gogo lokal Deli Serdang yaitu Ramos Merah, Arias dan Maraisi, serta varietas Inpago 11 sebagai pembanding. Morfologi tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan dan panjang akar. Kadar klorofil daun dan peroksida lipid pada akar primer merupakan karakter fisiologi yang diamati. Karakter anatomi yang diamati adalah anatomi akar primer. Hasil pengamatan karakter morfologi tiga genotipe padi gogo lokal Deli Serdang dalam kondisi cekaman air terberat ($\frac{1}{3}$ AKL), menunjukkan penurunan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan dan panjang akar. Penurunan juga terjadi kadar klorofil daun. Adanya peroksida lipid yang tinggi terlihat jelas pada perubahan warna merah muda pada genotipe Arias dan Mariasi. Tidak terlihat kerusakan pada anatomi akar genotipe padi gogo dengan berbagai kondisi cekaman air. Genotipe yang memiliki respon yang lebih baik pada saat cekaman air terberat adalah Ramos merah.

Kata kunci: Anatomi, cekaman air, Deli Serdang, fisiologi, morfologi, padi gogo

ABSTRACT

Rice plants are very sensitive to water stress. The response of upland rice under drought conditions begins with a physiological response followed by morphological and anatomical changes. This study aimed to obtain information on the morphological, anatomical, and physiological characteristics of several genotypes of local Deli Serdang upland rice under water stress conditions. This study used a split-plot design. The main plot is water stress consisting of three levels, namely: $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, and $\frac{3}{3}$ field capacity water. The subplots were three genotypes of Deli Serdang local upland rice, namely Ramos Merah, Arias, and Maraisi, and the Inpago 11 variety as a comparison. The plant morphology was observed as plant height, number of leaves, number of tillers, and root length. The levels of leaf chlorophyll and lipid peroxide in primary roots are the observed physiological characteristics. The anatomical characters observed were primary root anatomy. The results of observing the morphological characters of the three genotypes local upland rice of Deli Serdang under the heaviest water stress conditions (1/3 AKL), showed a decrease in plant height, number of leaves, number of tillers, and root length. There was also a decrease in leaf chlorophyll content. The presence of high lipid peroxides was seen in the pink color change in the Arias and Mariasi genotypes. The primary root anatomy showed no difference

in all genotypes of upland rice under different water stress conditions. The genotype that had a better response to the heaviest water stress was Ramos red.

Keywords: Anatomy, Deli Serdang, morphology, physiology, upland rice, water stress

Pendahuluan

Air merupakan komponen utama yang sangat dibutuhkan dalam setiap fase pertumbuhan tanaman padi. Kebutuhan air setiap fasenya berbeda-beda. Namun tidak satupun proses metabolisme pada setiap fase pertumbuhan dapat berlangsung tanpa air.

Kebutuhan air pada tanaman dapat terpenuhi melalui penyerapan air oleh akar. Biasanya air yang diserap oleh akar sangat bergantung pada kadar air tanah yang mampu ditahan oleh partikel tanah dan kemampuan akar untuk menyerapnya (Jumin, 2002).

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan biasanya disebabkan karena keterbatasan air di lingkungan tumbuhnya atau disebabkan karena besarnya permintaan air oleh daun akibat laju evapotranspirasi yang tinggi melebihi laju absorpsi air oleh akar. Ketidakseimbangan antara penyerapan air oleh akar dan kehilangan air akibat evapotranspirasi akan mengganggu banyak fungsi seluler dalam tanaman dan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan produksi (Bray, 2007).

Tanaman padi sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan. Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan bergantung pada tingkat ketersediaan air pada media tanam dan fase pertumbuhan tanaman pada saat terjadinya cekaman kekeringan (Castillo *et al.*, 2006). Pada dasarnya setiap tanaman memiliki mekanisme tertentu untuk mempertahankan diri dalam menghadapi cekaman air.

Respon tanaman terhadap kekeringan berawal dari respon secara fisiologis yang diikuti oleh perubahan morfologis dan anatomi. Perubahan morfologis juga berdampak terhadap perubahan proses fisiologis lanjutan, sehingga terjadi saling pengaruh antar keduanya (Sujinah & Jamil, 2016). Perubahan fisiologis dimulai dengan penurunan laju transpirasi untuk menghemat

air, melalui penutupan stomata (Oukarroum *et al.*, 2007). Penutupan stomata akan menghambat proses pertukaran CO₂ dan O₂ dari jaringan tanaman dengan atmosfer (Liu *et al.*, 2004). Penutupan stomata pada daun berdampak terhadap penurunan laju fotosintesis (Taiz & Zeiger, 2006).

Tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan menyebabkan terganggunya aliran air dari xilem ke bagian-bagian yang lain, sehingga pertumbuhan sel terhambat. Hal ini mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tunas yang ditunjukkan dengan menurunnya pertambahan tinggi tanaman, perubahan pola perakaran dan jumlah akar (Ndjiondjop *et al.*, 2010). Selain itu terjadi penurunan jumlah daun per rumpun, penyusutan luas daun, ukuran tajuk, dan penurunan diameter batang (Sulistiyono *et al.*, 2012).

Akar merupakan organ penting dalam penyerapan air dan unsur hara, sehingga akar yang pertama kali akan merespon ketidaktersediaan air di dalam media tanam. Mekanisme morfologis tanaman dalam beradaptasi dengan kekeringan adalah mengembangkan sistem perakaran dengan memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air yang relatif jauh dari permukaan tanah.

Penurunan/kerusakan jaringan akar dalam kondisi stress air, ditunjukkan pada penelitian Budiarti *et al.* (2019), menyatakan padi yang mengalami cekaman air meskipun toleran terhadap kondisi tersebut, tetap menunjukkan penurunan karakter korteks, daerah aerenkim, dan stele. Menurut Kubiś *et al.* (2014), akar yang mengalami kekeringan yang parah dapat menyebabkan kerusakan membran dan pertumbuhan sel dihambat karena adanya gangguan aliran air dari xilem ke bagian lainnya. Senada dengan penelitian Rinawati, (2017), pemberian air kapasitas lapang 30% menunjukkan penurunan ketebalan jaringan korteks, stele dan xilem. Hal ini juga terjadi pada akar kedelai dimana ukuran

diameter stele dan xilem menurun sebagai mekanisme toleransi tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan (Makbul *et al.*, 2011).

Kekeringan pada beberapa spesies tanaman dapat menyebabkan perubahan pada rasio klorofil a/b serta penurunan kandungan klorofil a dan b, antar varietas padi yang diuji (Chutia & Borah, 2012). Rasio klorofil a/b yang mengalami cekaman kekeringan lebih kecil dibanding kontrol (Maisura *et al.*, 2014).

Cekaman kekeringan juga dapat menginduksi cekaman oksidatif yang disebabkan oleh adanya aktivitas ROS (*Reactive Oxygen Species*). ROS merupakan radikal bebas yang sangat berbahaya. Peningkatan ROS menyebabkan kerusakan oksidatif pada lipid, protein dan DNA (Sharma *et al.*, 2012). Cekaman oksidatif merupakan suatu kondisi saat lingkungan seluler mengalami peningkatan produksi ROS akibat kelebihan reduksi dari sistem cahaya fotosintesis karena senyawa reduktan yang tidak termanfaatkan akibat terhambatnya CO₂ selama cekaman kekeringan (Borsani *et al.*, 2001). Salah satu komponen seluler utama yang rentan terhadap ROS adalah lipid. Peroksida lipid merupakan peristiwa autooksidasi dimana lipid membran mengalami kelebihan oksigen radikal bebas (superoksida). Peroksidasi lipid merupakan gejala yang paling jelas dari cekaman oksidatif pada sel dan jaringan tanaman (El-Beltagi & Mohamed, 2013).

Penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi karakteristik morfologi, anatomi dan fisiologi beberapa genotipe padi gogo lokal asal Kabupaten dalam kondisi cekaman kekeringan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Islam Sumatera Utara, Medan. Penelitian ini dilaksanakan bulan November 2021 hingga Maret 2022. Bahan yang digunakan yaitu tiga genotipe padi gogo asal Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara dan satu varietas padi toleran terhadap kekeringan sebagai pembanding, tanah top soil, pupuk Urea,

SP36, KCl, insektisida Decis 50 EC, fungisida Dithane M-45, formaldehid, asam asetat glasial, alkohol 70 % dan 96%, Schiff's reagent, sulfit (K₂S₂O₅ 0,5%) dan 0,05 M HCl. Alat yang digunakan yaitu polibeg hitam ukuran 13 x 25 cm berdiameter 16 cm dengan kapasitas isi tanah 2 kg, timbangan, ayakan tanah, oven, cutter, gelas ukur, meteran, mortar, pestel, sentrifuge, spektrofotometer, mikroskop, pipet tetes, kertas saring, tabung erlenmeyer, dan alat dokumentasi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (RPT) dan diulang sebanyak 3 kali. Petak utama merupakan cekaman kekeringan terdiri atas tiga taraf: $\frac{1}{3}$ air kapasitas lapang (K₁), $\frac{2}{3}$ air kapasitas lapang (K₂) dan $\frac{3}{3}$ air kapasitas lapang/tanpa cekaman (K₃). Anak petak merupakan tiga genotipe padi gogo Deli Serdang yaitu Ramos Merah (G₁), Arias (G₂), dan Maraisi (G₃). Genotipe pembanding varietas Inpago 11 toleran kekeringan (G₄).

Air kapasitas lapang ditentukan dengan cara, menimbang tanah sebanyak 2 kg yang dikumpulkan secara komposit dari lahan yang telah terpilih dan tanah dikeringkan terlebih dahulu selama satu minggu di rumah kaca. Tanah sebanyak 2 kg dimasukkan ke dalam polibag hitam kemudian disiram air sampai keluar tetesan air pertama. Volume air yang disiramkan ke tanah sampai keluar tetesan air pertama merupakan air kapasitas lapang (Saputra *et al.*, 2015). Pada percobaan ini diperoleh volume air kapasitas lapang (AKL) sebanyak 650 ml.

Penetapan kadar air di laboratorium dengan menggunakan oven, dengan cara mengambil sampel tanah sebanyak 10 g dari polibag yang telah disiram air sebanyak 650 ml dan telah didiamkan selama 24 jam, kemudian diletakkan di cawan timbang, kemudian tanah dikeringkan dalam oven dengan temperatur 100°C selama 24 jam, kegiatan ini diulang 3 kali. Hasil rata-rata dari bobot tanah yang diperoleh setelah dioven adalah 6,46 g. Persentase kadar air tanah dapat diperoleh dengan persamaan (1) (Tan, 2005 dalam Abdurachman *et al.*, 2006; Saputra *et al.*, 2015):

$$KA(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

KA merupakan persentase kadar air tanah, A adalah bobot tanah awal sampel yang telah disiram air dan telah didiamkan selama 24 jam, sebelum di oven (g). B merupakan bobot tanah akhir sampel setelah dioven (g). Persentase kadar air (KA) pada penelitian ini adalah $\frac{10-6,46}{10} \times 100\% = 35,4\%$. Aplikasi pemberian air pada perlakuan $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL, dilakukan dengan cara menimbang tanah yang telah dikeringkan sebanyak 10 kg dan tanah dimasukkan ke dalam masing-masing polibeg, kemudian diberikan cekaman air sesuai perlakuan. Untuk menentukan kebutuhan $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL, dengan persamaan (2) (Saputra *et al.*, 2015):

$$\frac{1}{3} \text{ AKL} = \frac{1}{3} \times [(AKL - (AKL \times KA(\%))] \quad (2)$$

$$= \frac{1}{3} \times [650 \text{ ml} - (650 \text{ ml} \times 35,4\%)]$$

$$= 140 \text{ ml}$$

$$\frac{2}{3} \text{ AKL} = \frac{2}{3} \times (AKL - (AKL \times KA(\%)))$$

$$= \frac{2}{3} \times [3,4 \text{ liter} - (3,4 \text{ liter} \times 35,4\%)]$$

$$= 280 \text{ ml}$$

$$\frac{3}{3} \text{ AKL} = \frac{3}{3} \times (AKL - (AKL \times KA(\%)))$$

$$= \frac{3}{3} \times [3,4 \text{ liter} - (3,4 \text{ liter} \times 35,4\%)]$$

$$= 420 \text{ ml}.$$

Untuk memudahkan pengaturan kadar air $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL, agar tetap konstan selama percobaan berlangsung, maka diperlukan alat ukur *soil moisture sensor*, yang dapat mengukur kelembaban tanah, dengan panjang batang probe pengukur 8 inchi, yang ditancapkan ke dalam tanah di polibag, sedalam 15-20 cm. Hasil pengukuran kelembaban tanah pada kadar air $\frac{1}{3}$ AKL diperoleh skala 3, kadar air $\frac{2}{3}$ AKL skala 5 dan $\frac{3}{3}$ AKL skala 8 (Gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran kelembaban tanah dengan *soil moisture sensor*

Agar kondisi kelembaban tanah dalam polibag tetap konstan sesuai perlakuan, maka setiap paginya media tanam dalam polibag harus diukur kembali dengan alat *soil moisture sensor*. Apabila terjadi perubahan atau berkurangnya angka skala pada *moisture sensor*, tidak lagi sesuai dengan yang ditetapkan di awal perlakuan, akibat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, atau hilang akibat evapotranspirasi, maka air dapat ditambahkan kembali ke dalam media tanam secara perlahan, sehingga skala pada *moisture sensor* kembali seperti ketetapan di awal perlakuan. Selanjutnya polibeg disusun di rumah kaca dan dilakukan penanaman sebanyak 2 benih per polybag, yang nantinya dipilih satu tanaman terbaik.

Varibel morfologi tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), jumlah anakan (batang) dan Panjang akar (cm). Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis ragam pada taraf 5%, dan jika F hitung lebih besar dari F tabel maka dilanjutkan dengan DMRT pada taraf 5%.

Pengamatan anatomi akar dilakukan pada saat tanaman berumur 6 minggu setelah tanam (mst). Akar yang diamati diambil dari akar primer. Akar dicuci dengan air mengalir, kemudian difiksasi dengan FAA selama 24 jam. FAA terdiri dari campuran formaldehid, asam asetat glasial dan alkohol 70 % dengan perbandingan (5:5:90). Fiksasi

bertujuan untuk mematikan sel tanaman tanpa merusak struktur jaringan. Setelah difiksasi akar didehidrasi dalam larutan Johansen. Kemudian akar dipotong melintang dengan menggunakan silet. Selanjutnya irisan akar diletakkan di kaca preparat yang telah diberi gliserin 30% lalu ditutup dengan gelas penutup yang tepinya diberi cutesk, kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 40x10 untuk melihat jaringan akar (Handayani & Maideliza, 2013).

Variabel fisiologi tanaman yang diamati adalah kadar klorofil daun dan peroksida lipid pada akar primer. Kedua variabel ini dilakukan pada saat tanaman berumur 6 mst.

Prosedur kerja analisis kadar klorofil daun adalah sebagai berikut: masing-masing sampel genotipe padi diambil daunnya sebanyak 1 g lalu digerus menggunakan mortar. Kemudian larutkan dengan alkohol 96% sebanyak 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1200 rpm selama 10 menit, selanjutnya supernatant diambil dan dipindahkan pada wadah dengan meninggalkan residu saja. Kromofom yang terbentuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 665 nm untuk klorofil a dan 649 nm untuk klorofil b (Wintermans & de Mots, 1965).

Uji peroksida lipid dilakukan pada akar primer. Prosedur kerjanya sebagai berikut: masing-masing sampel genotipe padi diambil akar primernya dengan memotong sepertiga ujung akar primer, kemudian direndam

selama 15 menit dalam Schiff's reagent. Selanjutnya akar dibilas dengan larutan sulfit ($K_2S_2O_5$ 0,5% (w/v)) dalam 0,05 M HCl, kemudian dipotong lagi sepanjang ± 1 cm dari ujung akar dan diamati di bawah mikroskop dan diphoto (Kubis *et al.*, 2014; Rosawanti *et al.*, 2015). Bila terdapat perubahan warna pada akar menjadi merah muda maka menunjukkan hasil positif adanya peroksida lipid. Peroksidasi lipid merupakan gejala yang paling jelas dari cekaman oksidatif pada sel dan jaringan tanaman (El-Beltagi & Mohamed, 2013). Cekaman oksidatif diinduksi karena adanya aktivitas ROS (Reactive Oxygen Species) pada saat tanaman mengalami cekaman kekeringan. ROS merupakan radikal bebas yang sangat berbahaya. Peningkatan ROS menyebabkan kerusakan oksidatif pada lipid, protein dan DNA (Sharma *et al.*, 2012).

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam tiga genotipe padi gogo asal Deli Serdang, Sumatera Utara (Ramos Merah, Arias dan Mariasi) dan satu varietas padi toleran kekeringan (Inpago 11) sebagai pembanding dengan perlakuan cekaman kekeringan terhadap tinggi tanaman (TT), jumlah daun (JD), jumlah anakan (JA), kadar klorofil (KK) dan panjang akar (PA) menunjukkan respon yang beragam, hal ini disajikan pada Tabel 1. Empat genotipe padi gogo yang diteliti dengan perlakuan cekaman kekeringan (KxG), berpengaruh nyata terhadap TT, PA dan KK.

Tabel 1. Hasil analisis ragam terhadap tinggi tanaman (TT), jumlah daun (JD), jumlah anakan (JA), Panjang akar (PA) dan kadar klorofil (KK) pada tiga genotipe padi gogo lokal Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dengan perlakuan cekaman air

Sumber Keragaman	TT	J	JA	PA	KK
Ulangan	4,36 tn	0,93 tn	1,00 tn	0,50 tn	7,19 *
Cekaman Air (K)	4,30 tn	1,17tn	4,13 tn	108,29 *	435,39*
Genotipe padi gogo (G)	88,20 *	49,30 *	68,13 *	642,27 *	6432,03*
Interaksi K x G	3,28 *	1,01 tn	2,13 tn	13,17*	751,74*

Keterangan : * (berpengaruh nyata); tn (berpengaruh tidak nyata)

Tinggi Tanaman

Hasil uji beda rata-rata Duncan (DMRT) 5%, tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan,

dengan perlakuan cekaman air $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL terhadap tinggi tanaman umur 8 mst dapat dilihat pada Tabel 2.

Tinggi tanaman tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan berbeda signifikan pada tingkatan cekaman air. Cekaman air mengakibatkan penurunan tinggi tanaman sebesar 10-12%. Genotipe Mariasi memiliki TT terpanjang dari

genotipe lainnya, meskipun dalam kondisi cekaman air terberat ($\frac{1}{3}$ AKL), jika dibandingkan dengan varietas Inpago 11 tidak terdapat perbedaan nyata. Genotipe Arias memiliki TT terpendek.

Tabel 2. Rataan tinggi tanaman (cm) umur 8 mst dari tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dalam kondisi cekaman air

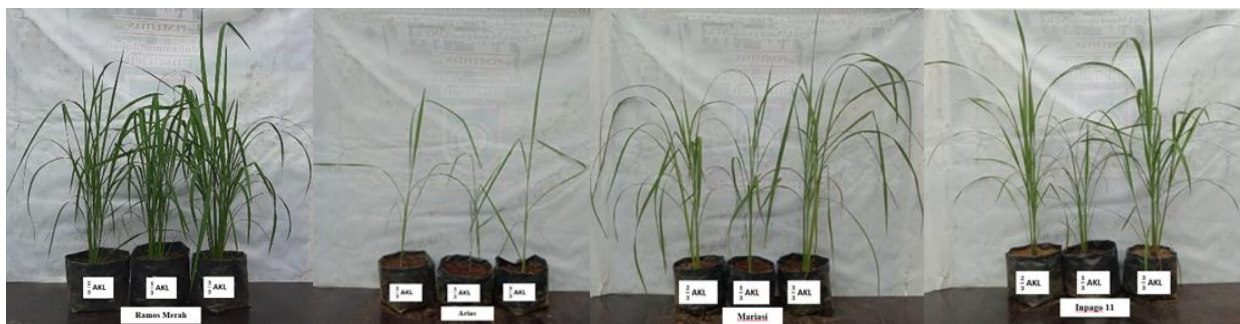
Cekaman Air (K)	Genotipe Padi Gogo (G)				Rataan (K)
	Ramos Merah (G ₁)	Arias (G ₂)	Mariasi (G ₃)	Inpago 11* (G ₄)	
$\frac{1}{3}$ AKL (K ₁)	78,43 g	74,50 h	95,63 d	95,50 d	86,02
$\frac{2}{3}$ AKL (K ₂)	82,63 f	69,33 i	106,53 b	92,87 e	87,84
$\frac{3}{3}$ AKL/tanpa cekaman (K ₃)	91,73 e	77,83 g	120,07 a	102,40 c	98,01
Rataan (G)	84,27 c	73,89 d	107,41 a	96,92 b	

Keterangan: * (Varietas pembanding toleran kekeringan). Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Rahayu (2012), menyatakan cekaman kekeringan menghambat pertumbuhan tinggi tanamam, disebabkan karena tidak tersedianya air di media tanam untuk pertumbuhan. Tinggi tanaman terjadi karena adanya aktivitas pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel. Air merupakan faktor yang sangat penting dalam mendukung aktivitas sel tanaman (Bray, 2007). Penurunan serapan air oleh akar akibat cekaman kekeringan dapat menyebabkan kerusakan membran sel akar, akibatnya terjadi penurunan panjang dan luas akar, yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (Kristanto, 2016). Kekurangan air mengakibatkan pertumbuhan pucuk lebih lambat sehingga terjadi pengurangan pemanjangan batang dan pengembangan daun, ini merupakan bentuk adaptif tanaman

terhadap kondisi kekeringan, tanaman merespon kekeringan dengan penurunan organ permukaan transpirasi, sehingga kehilangan air menjadi lebih sedikit (Budiasih, 2009).

Adanya keragaman tinggi tanaman dari empat genotipe padi gogo dengan perlakuan tingkat cekaman kekeringan (Gambar 2), ini disebabkan karena adanya keragaman sumber benih yang digunakan. Benih diperoleh dari hasil eksplorasi dari beberapa lokasi dengan topologi dan ekosistem yang beragam, sehingga memberikan respon yang beragam terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Sejalan dengan (Rahayu, 2012), bahwa perbedaan tinggi tanaman dapat disebabkan karena faktor genetik dan daya adaptasi yang berbeda-beda setiap genotipe.



Gambar 2. Tinggi tanaman tiga genotipe padi gogo Deli Serdang (Ramos Merah, Arias dan

Mariasi) dan satu varietas toleran kekeringan (Inpago 11) dalam kondisi cekaman air $\frac{1}{3}$ AKL, $\frac{2}{3}$ AKL dan tanpa cekaman ($\frac{3}{3}$ AKL)

Jumlah Daun dan Jumlah Anakan

Hasil DMRT 5% terhadap jumlah daun (JD) dan jumlah anakan (JA) tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan menunjukkan perbedaan signifikan (Tabel 3 dan 4). Genotipe Ramos Merah memiliki JD dan JA terbanyak (17,04 helai dan 4,28 batang), berbeda nyata dengan genotipe lainnya, maupun dengan varietas Inpago 11. Jumlah daun paling sedikit terdapat pada Arias (5,72 helai), dapat dilihat

pada Tabel 3 dan jumlah anakan paling sedikit terdapat pada Arias (4,28 batang) dapat dilihat pada Tabel 4. Salah satu karakter unggul dari Ramos Merah ini adalah menghasilkan jumlah anakan yang tinggi. Karakter ini diketahui sejak dilakukannya karakterisasi secara ex-situ. Namun karakter ini jika tidak didukung dengan kondisi lingkungan yang optimal, terutama ketersediaan air yang cukup, maka tidak akan bisa menghasilkan anakan produktif yang tinggi.

Tabel 3. Rataan jumlah daun (helai) umur 8 mst dari tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dalam kondisi cekaman air

Cekaman Air (K)	Genotipe Padi Gogo (G)				Rataan
	Ramos Merah (G ₁)	Arias (G ₂)	Mariasi (G ₃)	Inpago 11* (G ₄)	
$\frac{1}{3}$ AKL (K ₁)	15,40	5,00	6,73	10,20	9,33
$\frac{2}{3}$ AKL (K ₂)	16,07	5,33	7,53	11,83	10,19
$\frac{3}{3}$ AKL/tanpa cekaman (K ₃)	19,67	5,50	8,87	13,97	12,00
Rataan	17,04 a	5,28 d	7,71 c	12,00 b	

Keterangan: * (Varietas pembandingan toleran kekeringan). Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 4. Rataan jumlah anakan (bantang) umur 8 mst dari tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dalam kondisi cekaman air

Cekaman Air (K)	Genotipe Padi Gogo (G)				Rataan
	Ramos Merah (G ₁)	Arias (G ₂)	Mariasi (G ₃)	Inpago11* (G ₄)	
$\frac{1}{3}$ AKL (K ₁)	3,33	1,17	1,60	2,87	2,24
$\frac{2}{3}$ AKL (K ₂)	4,97	1,67	1,83	3,53	3,00
$\frac{3}{3}$ AKL/tanpa cekaman (K ₃)	4,53	1,00	1,93	4,07	2,88
Rataan	4,28 a	1,28 d	1,79 c	3,49 b	

Keterangan: * (Varietas pembandingan toleran kekeringan). Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

Cekaman air tidak berpengaruh terhadap JD dan JA. Setiap tingkat cekaman kekeringan menghasilkan JD dan JA yang berbeda namun hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan.

Penurunan JA dan JD terjadi akibat cekaman air $\frac{1}{3}$ AKL, ini merupakan upaya tanaman padi untuk mengurangi evapotranspirasi akibat terbatasnya ketersediaan air di media tumbuh. Tanaman yang menderita cekaman kekeringan secara

umum mempunyai ukuran daun lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tidak menderita cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, yaitu proses fisiologis dan biokimia tanaman, serta menyebabkan modifikasi anatomi dan morfologi tanaman.

Kekeringan pada fase vegetatif menghambat pertumbuhan daun dan akar, besar pengaruhnya tidak sama. Pertumbuhan daun menurun lebih besar dari pada

pertumbuhan akar sehingga terjadi penurunan nisbah tajuk-akar. Karakter morfologi yang berhubungan dengan cekaman kekeringan adalah ukuran tajuk, seperti jumlah anakan sedikit dan pengurangan jumlah anakan produktif (Sulistiyono *et al.*, 2012). Menurut Audebert *et al.* (2002), karakter tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan ditunjukkan dengan berkurangnya jumlah anakan. Jika cekaman air terjadi dalam waktu lama, dapat mengakibatkan tanaman tidak mampu menyelesaikan satu siklus hidupnya untuk sampai berproduksi.

Panjang Akar

Hasil DMRT 5% terhadap panjang akar (PA) menunjukkan perbedaan nyata pada tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan, dengan perlakuan cekaman air $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL (Tabel 5). Akar terpanjang dalam kondisi cekaman terberat ($\frac{1}{3}$ AKL), terdapat pada genotipe Mariasi (6,47 cm), namun dibanding dengan varietas Inpago 11 (9,57 cm) masih lebih pendek. Genotipe Arias memiliki PA terpendek.

Tabel 5. Rataan Panjang akar (cm) umur 8 mst dari tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dalam kondisi cekaman air

Cekaman Air (K)	Genotipe Padi Gogo (G)				Rataan
	Ramos Merah (G ₁)	Arias (G ₂)	Mariasi (G ₃)	Inpago 11* (G ₄)	
$\frac{1}{3}$ AKL (K ₁)	5,40 i	4,57 j	6,47 h	9,57 c	6,50 c
$\frac{2}{3}$ AKL (K ₂)	7,23 f	5,27 i	6,97 g	11,03 b	7,63 b
$\frac{3}{3}$ AKL/tanpa cekaman (K ₃)	9,13 d	6,33 h	7,53 e	12,13 a	8,78 a
Rataan	7,26 b	5,39 d	6,99 c	10,91 a	

Keterangan: * (Varietas pembanding toleran kekeringan). Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%

Menurut Suardi (2002), bahwa ketahanan suatu tanaman terhadap kekeringan ditentukan oleh kemampuan tanaman tersebut memanfaatkan air yang berada di bagian tanah yang dalam. Kemampuan memanfaatkan air yang ada pada bagian tanah yang lebih dalam ditentukan oleh kekuatan daya tembus dan panjang akar. Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh perkembangan dan proporsi akar. Pertumbuhan akar yang baik, maka penyerapan hara akan lebih maksimal sehingga tanaman tersebut dapat memenuhi nutrisinya.

Tanaman padi yang resisten terhadap cekaman kekeringan memiliki mekanisme tersendiri untuk tetap tumbuh dan berproduksi dengan baik. Salah satunya dengan cara memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air yang relatif jauh dari permukaan tanah, sehingga akar yang panjang dapat memanfaatkan air yang tersedia pada kedalaman lebih dari 20 cm (Abdullah *et al.*, 2010).

Kadar Klorofil

Hasil uji beda rata-rata Duncan 5%, terhadap kadar klorofil (KK) tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan (Inpago 11), dengan perlakuan cekaman kekeringan $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ AKL, menunjukkan perbedaan signifikan. Kadar klorofil tertinggi terdapat pada genotipe Ramos merah yaitu 68,35 mg/liter dalam kondisi cekaman tertinggi ($\frac{1}{3}$ AKL) (Tabel 6). Ini didukung dengan pernyataan Oukarroum *et al.* (2007), “karakter fisiologis yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman air adalah penurunan transpirasi dengan mengurangi jumlah stomata dan meningkatkan fotosintesis dengan cara meningkatkan kandungan klorofil”. Meningkatnya kadar klorofil Ramos Merah dalam kondisi cekaman air, merupakan bentuk mekanisme genotipe dalam beradaptasi dengan kekeringan.

Tabel 6. Rataan kadar klorofil daun (mg/liter) umur 8 mst dari tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan dalam kondisi cekaman air

Cekaman Air (K)	Genotipe Padi Gogo (G)				Rataan
	Ramos Merah (G ₁)	Arias (G ₂)	Mariasi (G ₃)	Inpago 11* (G ₄)	
$\frac{1}{3}$ AKL (K ₁)	68,35 a	33,56 l	57,46 c	47,28 i	51,66 b
$\frac{2}{3}$ AKL (K ₂)	53,16 f	36,67 k	55,54 d	47,63 h	48,25 c
$\frac{3}{3}$ AKL/tanpa cekaman (K ₃)	65,57 b	46,82 j	51,34 g	54,89 e	54,65 a
Rataan	62,36 a	39,01 d	54,78 b	49,93 c	

Keterangan: * (Varietas pembanding toleran kekeringan). Nilai rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

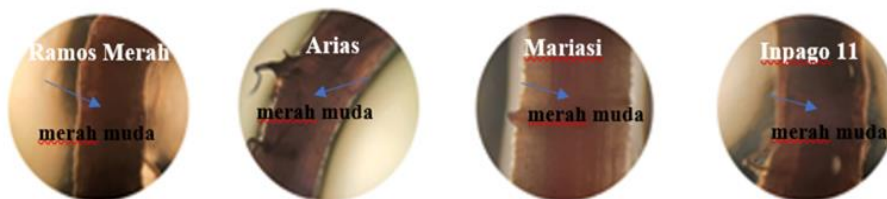
Penurunan kadar klorofil akibat kekurangan air, berhubungan erat dengan terganggunya proses metabolisme tanaman di dalam sel. Tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan menyebabkan perubahan morfologis. Perubahan diawali dengan respon tanaman terhadap proses fisiologis, berupa pengurangan laju transpirasi untuk penghematan air dengan cara menutup stomata. Selanjutnya terjadi perubahan morfologi yang ditunjukkan dengan memperkecil luas permukaan daun dengan pengguguran daun (Anggraini *et al.*, 2016). Gejala ini mengindikasikan bahwa daun tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme secara normal, akibat dari terbatasnya akar dalam mengabsorpsi air dan hara mineral yang terlarut, sehingga mengakibatkan terhambatnya pembentukan klorofil daun (Banyo *et al.*, 2013). Beberapa varietas padi yang mengalami cekaman kekeringan, menurunkan kandungan klorofil a sebesar 19,35% dan klorofil b 34,35% (Maisura *et al.*, 2014). Fenomena yang sama juga terjadi pada tujuh varietas padi tradisional Assam India. Kondisi kekeringan fisiologis melalui simulasi beberapa tingkat cekaman osmotik dapat menurunkan kandungan klorofil pada daun bila dibandingkan dengan kontrol (Chutia & Borah, 2012).

Peroksida Lipid

Hasil uji peroksida lipid pada akar primer ketiga genotipe padi gogo Deli

Serdang dan varietas toleran kekeringan (Inpago 11), umur 8 mst dengan perlakuan cekaman kekeringan $\frac{1}{3}$ AKL, $\frac{2}{3}$ AKL dan tanpa cekaman kekeringan ($\frac{3}{3}$ AKL), yang diamati dengan mikroskop perbesaran 400x, disajikan pada Gambar 3a, 3b dan 3c.

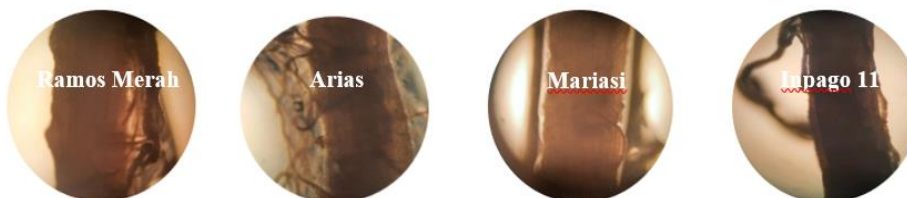
Pembentukan peroksida lipid sebagai respon fisiologi pada akar ke empat genotipe padi gogo dengan berbagai cekaman air terlihat ada perbeaan. Cekaman kekeringan $\frac{1}{3}$ AKL terlihat jelas menginduksi cekaman oksidatif pada lipid yang disebabkan oleh adanya aktivitas ROS (Sharma *et al.*, 2012). Gejala yang terlihat jelas dari cekaman oksidatif pada lipid dalam sel dan jaringan tanaman ditandai dengan perubahan warna merah pada akar (El-Beltagi & Mohamed, 2013). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3a, dimana penampilan akar pada genotipe Arias, dan Mariasi, terjadinya perubahan warna merah muda dengan area yang lebih luas, daripada genotipe Ramos merah maupun varietas Inpago 11, setelah diwarnai dengan Schiff 's reagent. Perubahan warna merah pada akar, menunjukkan keberadaan *Malondialdehyde* (MDA) yang lebih banyak tersebar pada bagian luar akar. *Malondialdehyde* merupakan produk akhir dari peroksida lipid dan keberadaannya bisa menunjukkan tingkat cekaman oksidatif yang terjadi pada tanaman (Bhardwaj & Yadav, 2012).



Gambar 3a. Penampilan akar primer tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan (Inpago 11) dalam kondisi cekaman air $\frac{1}{3}$ AKL, terlihat adanya peroksida lipid ditandai dengan warna merah muda pada akar (perbesaran 400 x)



Gambar 3b. Penampilan akar primer tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan (Inpago 11) dalam kondisi cekaman air $\frac{2}{3}$ AKL, tidak terlihat adanya peroksida lipid pada akar (Perbesaran 400 x)



Gambar 3c. Penampilan akar primer tiga genotipe padi gogo Deli Serdang dan satu varietas toleran kekeringan (Inpago 11) dalam kondisi cekaman air $\frac{3}{3}$ AKL, tidak terlihat adanya peroksida lipid pada akar (Perbesaran 400 x)

Tingkat kerusakan sel akar berbeda-beda pada beberapa genotipe tanaman padi gogo. Respon tanaman terhadap cekaman oksidatif, tergantung pada jenis dan tingkat cekaman serta genotipe tanaman. Menurut Abbas *et al.* (2014), menyatakan bahwa tingkat cekaman kekeringan dan genotipe yang berbeda memiliki mekanisme fisiologis yang berbeda pula untuk menyesuaikan diri dengan perubahan cekaman kekeringan, termasuk induksi peroksida lipid. Tanaman yang peka terhadap cekaman kekeringan mengalami peroksidasi lipid yang lebih berat. Hal ini bisa terjadi karena cekaman oksidatif yang terjadi melebihi tingkat kapasitas antioksidan sehingga menyebabkan kerusakan oksidatif

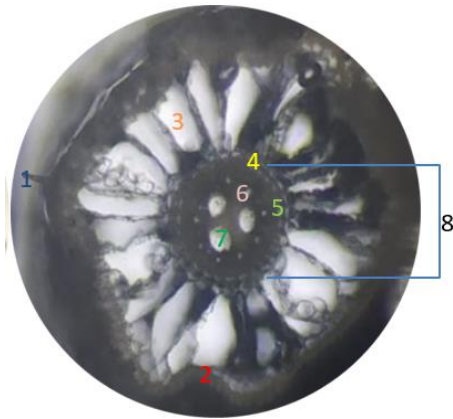
Genotipe yang toleran memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi. Antioksidan dapat membatasi tingkat kerusakan seluler yang disebabkan oleh ROS pada saat terjadi cekaman kekeringan.

Berbagai macam antioksidan dengan fungsi yang berbeda menghambat peroksidasi lipid dan efek buruk yang disebabkan oleh produk peroksidasi lipid (El-Beltagi & Mohamed, 2013).

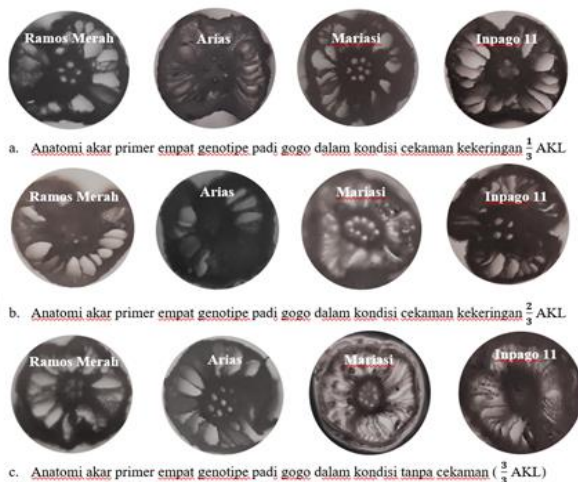
Anatomi Akar

Struktur jaringan akar padi gogo pada sayatan melintang, terlihat dari arah luar ke arah dalam searah sentripetal (arah pusat lingkaran) terdiri dari rambut akar, jaringan epidermis, selanjutnya di bagian dalam terdapat korteks yang tersusun lapisan aerenkim yang memiliki ruang *interaseluler* (rongga udara) dan *stele* (selinder pusat) yang terdapat di sebelah dalam endodermis. Pada silinder pusat terdapat berkas pengangkut xilem dan floem. Pada lapisan terluar dari silinder pusat terdapat periskel. Struktur jaringan akar ini disajikan pada Gambar 4. Perbandingan jaringan anatomi akar primer dengan perlakuan cekaman air $\frac{1}{3}$ AKL, $\frac{2}{3}$ AKL

dan $\frac{3}{3}$ AKL yang diamati dengan mikroskop perbesaran 400 x disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Struktur jaringan akar padi ladang pada sayatan melintang: (1) rambut akar; (2) Epidermis; (3) Korteks dengan Aerenkim; (4) Endodermis; (5) Pariskel; (6) Floem; (7) Xilem; (8) Stele. Perbesaran 400 x



Gambar 5. Jaringan anatomi akar primer empat genotipe padi gogo dengan perlakuan cekaman kekeringan $\frac{1}{3}$ AKL, $\frac{2}{3}$ AKL dan $\frac{3}{3}$ AKL

Pada Gambar 5, terlihat adanya keragaman anatomi akar padi gogo dengan berbagai tingkatan cekaman kekeringan. Keragaman anatomi akar ini tidak terlepas dari keragaman genetik padi gogo dalam merespon kondisi kekeringan. Seluruh genotipe padi gogo masih terlihat jelas struktur jaringan akarnya meskipun dalam kondisi cekaman kekeringan terberat ($\frac{1}{3}$ AKL). Hal ini terlihat dari lapisan-lapisan aerenkim

yang tersusun di dalam jaringan korteks. Aerenkim mulai berkembang pesat empat hari setelah semai (Handayani & Maideliza, 2013). Selain itu jaringan xilem yang terbentuk dari ke empat genotipe yang tercekam kekeringan, masih terlihat jelas.

Tanaman padi gogo yang memiliki kemampuan tinggi dalam mentolerir kekeringan, tidak menunjukkan perubahan atau penurunan jaringan akar yang signifikan. Hal ini sangat berbeda dengan tanaman yang peka terhadap kekeringan, dimana akar yang mengalami kekeringan yang parah dapat menyebabkan kerusakan membran dan pertumbuhan sel dihambat karena adanya gangguan aliran air dari xilem ke bagian lainnya, serta terhambatnya oksigen ke akar akibat aerenkim yang rusak (Kubiś et al., 2014). Ada kemungkinan besar sel-sel akar dari seluruh genotipe padi gogo yang diteliti mengalami perubahan dengan berkurangnya jumlah dan ukuran sel dalam menghadapi cekaman kekeringan. Hal ini diukung dengan penelitian (Makbul et al., 2011), yang menyatakan akar tanaman kedelai mengalami pengurangan ukuran diameter stele dan xilem sebagai mekanisme toleransi tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan.

Kesimpulan

Karakter morfologi tiga genotipe padi gogo lokal Deli Serdang dalam kondisi cekaman air terberat ($\frac{1}{3}$ AKL), menunjukkan penurunan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan dan panjang akar. Sama halnya terhadap karakter fisiologi kadar klorofil daun juga mengalami penurunan. Perubahan warna akar primer menjadi merah muda akibat adanya peroksida lipid yang tinggi terlihat jelas pada genotipe Arias dan Mariasi. Anatomi akar primer tidak terlihat perbedaan pada seluruh genotipe padi gogo dengan berbagai kondisi cekaman air yang berbeda. Genotipe yang memiliki respon yang lebih baik pada saat cekaman air terberat adalah Ramos merah.

Daftar Pustaka

- Abbas, S. R., Ahmad, S., Sabir, S., & Shah, A. (2014). Detection of drought tolerant sugarcane genotypes (*Saccharum officinarum*) using lipid peroxidation, antioxidant activity, glycine-betaine and proline contents. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1), 233–244.
- Abdullah, Ammar, M. H., & Badawi, A. T. (2010). Screening rice genotypes for drought resistance in Egypt. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2(7), 205–215.
- Abdurachman, A., Haryati, U., & Juarsah, I. (2006). Penetaan Kadar Air Tanah Dengan Metode Gravimetrik. In *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisanya* (pp. 131–142). Balai Besar Litbang Sumberdaya Pertanian.
- Anggraini, N., Faridah, E., & Indrioko, S. (2016). Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Perilaku Fisiologis dan Pertumbuhan Bibit Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 9(1), 40.
<https://doi.org/10.22146/jik.10183>
- Audebert, A., Asch, F., & Dingkuhn, M. (2002). Morpho-Physiological Research on Drought Tolerance in Rice at WARDA. In N. P. Saxena & J. C. O'Toole (Eds.), *Field Screening for Drought Tolerance in Corp Plants with Emphasis on Rice* (Vol. 1, Issue 1, pp. 59–60). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, The Rockefeller Foundation.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
- Banyo, Y. E., Nio, A. S., Siahaan, P., & Tangapo, A. M. (2013). Konsentrasi Klorofil Daun Padi Pada Saat Kekurangan Air Yang Diinduksi Dengan Polietilen Glikol. *Jurnal Ilmiah Sains*, 13(1), 1.
<https://doi.org/10.35799/jis.13.1.2013.1615>
- Bhardwaj, J., & Yadav, S. K. (2012). Comparative Study on Biochemical Parameters and Antioxidant Enzymes in a Drought Tolerant and a Sensitive Variety of Horsegram (*Macrotyloma uniflorum*) under Drought Stress. *American Journal of Plant Physiology*, 7(1), 17–29.
<https://doi.org/10.3923/ajpp.2012.17.29>
- Borsani, O., Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2001). Evidence for a Role of Salicylic Acid in the Oxidative Damage Generated by NaCl and Osmotic Stress in *Arabidopsis* Seedlings. *Plant Physiology*, 126(3), 1024–1030. <https://doi.org/10.1104/pp.126.3.1024>
- Bray, E. A. (2007). Plant Response to Water-deficit Stress. *Encyclopedia of Life Sciences*, 1–7.
<https://doi.org/10.1002/9780470015902a0001298.pub2>
- Budiarti, D. A., Miftahudin, & Muttaqin, M. (2019). *Respons Anatomi Akar Padi (Oryza sativa L.) terhadap Cekaman Kekeringan*. Scientific Repository.
- Budiasih. (2009). Respon Tanaman Padi Gogo terhadap Cekaman Kekeringan. *GaneC Swara Edisi Khusus*, 3(3), 22–27.
- 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 Science and Plant Nutrition*, 52(4), 496–508. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00064.x>
- Chutia, J., & Borah, S. P. (2012). Water Stress Effects 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 Seedlings under PEG Induced Water Stress. *American Journal of Plant Sciences*, 03(07), 971–980. <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.37115>

- El-Beltagi, H. S., & Mohamed, H. I. (2013). Reactive oxygen species, lipid peroxidation and antioxidative defense mechanism. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 44–57. <https://doi.org/10.15835/nbha4118929>
- Handayani, F., & Maideliza, T. (2013). *Developments Aerenkim Paddy Rice and Paddy Fields in the Treatment of Immersion Time Nursery*. 313–322.
- Jumin, H. B. (2002). *Agroekologi: Suatu Pendekatan Fisiologis*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Kristanto, B. A. (2016). *Tanggapan Sorgum Manis (Sorghum bicolor (L.) Moench) terhadap Cekaman Kekeringan dan Pemupukan Silika*. Universitas Gadjah Mada.
- Kubiś, J., Floryszak-Wieczorek, J., & Arasimowicz-Jelonek, M. (2014). Polyamines induce adaptive responses in water deficit stressed cucumber roots. *Journal of Plant Research*, 127(1), 151–158. <https://doi.org/10.1007/s10265-013-0585-z>
- Liu, F., Jensen, C. R., & Andersen, M. N. (2004). Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research*, 86(1), 1–13. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)60477-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0065-2113(08)60477-0)
- Maisura, Chozin, M. A., Lubis, I., Junaedi, A., & Ehara, H. (2014). Some Physiological Character Responses of Rice Under Drought Conditions In a Paddy System. *ISSAAS Journal*, 20(1), 104–114.
- Makbul, S., Saruhan Güler, N., Durmuş, N., & Güven, S. (2011). Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. *Turkish Journal of Botany*, 35(4), 369–377. <https://doi.org/10.3906/bot-1002-7>
- Ndjiondjop, M.-N., Cisse, F., Futakuchi, K., Lorieux, M., Manneh, B., Bocco, R., & Fatondji, B. (2010). Effect of drought on rice (*Oryza* spp.) genotypes according to their drought tolerance level. *Innovation and Partnerships to Realize Africa's Rice Potential, March*, 151–158.
- Oukarroum, A., Madidi, S. el, Schansker, G., & Strasser, R. J. (2007). Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 438–446. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.01.002>
- Rahayu, A. Y. (2012). Toleransi Kekeringan Beberapa Padi Gogo Unggul Nasional terhadap Ketersediaan Air Yang Terbatas. *Journal Agroland*, 19(1), 1–9.
- Rinawati, M. (2017). *Tanggapan Anatomis Tanaman Padi Gogo (Oryza sativa L.) 'Situ Bagendit' Fase Vegetatif Terhadap Cekaman Kekeringan Di Tiga Jenis Tanah*. Universitas Gadjah Mada.
- Rosawanti, P., Ghulamahdi, M., & Khumaida, N. (2015). Respon Anatomi dan Fisiologi Akar Kedelai terhadap Cekaman Kekeringan (Anatomical and Physiological Responses of Soybean Root to Drought Stress). *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(3), 186–192.
- Saputra, D., Timotiwu, P. B., & Ermawati. (2015). Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Benih Lima Varietas Kedelai. *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1), 7–13.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*, 2012, 1–26. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>
- Suardi, D. (2002). Perakaran padi dalam hubungannya dengan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan hasil. *Jurnal Litbang Pertanian*, 21(3), 100–108.
- Sujinah, & Jamil, A. (2016). Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), 1–8.
- Sulistiyono, E., Suwarno, Lubis, I., & Suhendar, D. (2012). Pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan produksi lima galur padi sawah. *Agrovigor*, 5(1), 1–8.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. Sunderland, Mass. : Sinauer Associates, 2006.

Wintermans, J. F. G. M., & de Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biophysics Including Photosynthesis*, 109(2), 448–453.
[https://doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)