

Skrining Awal Toleransi Galur-galur Dihaploid Padi Gogo terhadap Cekaman Kekeringan pada Stadia Bibit

Early Screening of Doubled Haploid Lines of Upland Rice Tolerance to Drought at Seedling Stage

Nita Kartina^{1,2}, Bambang Sapta Purwoko^{3*}, Iswari Saraswati Dewi⁴, Desta Wirnas³, dan Anggi Nindita³

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jl. Raya 9 Sukamandi Subang, 41256, Indonesia

³Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680, Indonesia

⁴Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetika Pertanian
Jl. Tentara Pelajar, No. 3A, Cimanggu, Bogor 16111, Indonesia

Diterima 14 Agustus 2018/Disetujui 21 Februari 2019

ABSTRACT

Development of doubled haploid lines of upland rice through anther culture is one way to obtain superior upland rice varieties tolerant to drought. The objectives of this research were to determine the response of doubled haploid lines to drought stress at seedling stage and to select tolerant doubled haploid lines. The research was conducted at a screenhouse of Muara Research Station, Indonesia Center of Rice Research (ICRR) from November to December 2017. Fourteen doubled haploid lines and 4 check varieties, namely Inpago 10 and Limboto, Salumpikit (drought tolerant check) and IR 20 (drought sensitive check) were used in this study. The experiment was arranged in a randomized complete block design with three replications. The observations were conducted on leaf rolling, leaf drought, and recovery ability. Based on Friedman nonparametric analysis, HR-5-7-1-1 and HR-7-15-2-1 had moderate response with estimated median values for leaf rolling of 3.44 and 3.00, respectively. Three doubled haploid lines namely HR-2-27-2-7, HR-2-34-1-3 and HR-7-15-2-1 had moderate response to drought with estimated median value of leaf drought of 3.56. Nine lines of doubled haploid had tolerant response with estimated median value of recovery ability of 1.00-1.56. Based on weighted selection index, nine doubled haploid lines with positive and high selection index were identified; however, only two lines (HR-7-15-2-1 and B3-2) had selection index higher than Inpago 10 and Limboto.

Keywords: drought tolerance, leaf rolling, recovery, weighted selection index

ABSTRAK

Perakitan galur-galur padi dihaploid hasil kultur antera merupakan salah satu upaya untuk memperoleh varietas padi gogo unggul toleran kekeringan. Tujuan penelitian ini ialah untuk memperoleh informasi mengenai respon galur-galur dihaploid terhadap cekaman kekeringan pada fase bibit dan menyeleksi galur-galur dihaploid yang toleran. Percobaan dilaksanakan di rumah kaca Kebun Percobaan Muara, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Bogor dari bulan November sampai Desember 2017. Bahan yang digunakan dalam percobaan terdiri atas 14 galur dihaploid padi gogo, 4 varietas cek yaitu Inpago 10, Limboto, Salumpikit (cek toleran kekeringan), dan IR 20 (cek peka kekeringan). Percobaan disusun mengikuti rancangan kelompok lengkap teracak dengan 3 ulangan. Variabel yang diamati adalah penggulungan daun, kekeringan daun, dan persentase daya tumbuh kembali pasca cekaman. Hasil uji toleransi berdasarkan analisis non-parametrik Friedman menunjukkan bahwa galur dihaploid HR-5-7-1-1 dan HR-7-15-2-1 menunjukkan respon agak toleran dengan nilai estimasi median skor penggulungan daun berturut-turut 3.44 dan 3.00. Tiga galur dihaploid yaitu HR-2-27-2-7, HR-2-34-1-3 dan HR-7-15-2-1 menunjukkan respon agak toleran dengan nilai estimasi median skor kekeringan daun sebesar 3.56. Sembilan galur dihaploid menunjukkan respon toleran dengan nilai estimasi median skor daya tumbuh kembali sebesar 1.00-1.56. Berdasarkan indeks seleksi terboboti diperoleh 9 galur dihaploid padi gogo dengan indeks seleksi positif dan tinggi, namun hanya 2 galur dihaploid (HR-7-15-2-1 dan B3-2) yang memiliki nilai indeks seleksi lebih baik dibanding varietas Inpago 10 dan Limboto.

Kata kunci: indeks seleksi terboboti, penggulungan daun, toleransi kekeringan

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: bspurwoko@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang paling terdampak perubahan iklim. Faktor utama yang terkait dengan perubahan iklim global di antaranya meningkatnya kejadian iklim ekstrim (kekeringan dan banjir) (Surmaini *et al.*, 2011). Kekeringan merupakan salah satu cekaman abiotik yang dapat menyebabkan penurunan hasil gabah secara drastis (Ahadiyat *et al.*, 2014; Maisura *et al.*, 2014; Swapna dan Shylaraj, 2017; Vikram *et al.*, 2011). Studi tentang toleransi kekeringan tanaman telah dilakukan selama bertahun-tahun (Uga *et al.*, 2013; Zhu, 2016). Pengujian beberapa genotipe padi terhadap kekeringan fase bibit telah dilakukan diantaranya oleh Sasmita (2008), menguji galur-galur padi gogo toleran naungan, Wening dan Susanto (2014) menguji 70 aksesori plasma nutfah padi dan Gunarsih *et al.* (2016) menguji 60 galur dihaploid padi hasil kultur antera melalui skoring secara visual, sedangkan pengujian fase perkecambahan telah dilakukan oleh Cahyadi *et al.* (2013), Widyastuti *et al.* (2016), dan Akbar *et al.* (2018). Ahmad *et al.* (2009) menjelaskan bahwa fase perkecambahan dan pertumbuhan bibit merupakan fase potensial dan kritis terhadap cekaman kekeringan.

Luas lahan padi dunia diperkirakan mencapai 147.63 juta ha, dengan 75% dari produksi padi dunia berasal dari sistem irigasi dan 25% berasal dari sawah tadah hujan dan padi gogo (Maclean *et al.*, 2002). Potensi pengembangan padi gogo sangat besar karena Indonesia memiliki 5.1 juta hektar lahan kering. Luas lahan yang dimanfaatkan untuk padi gogo sebesar 1.13 juta hektar pada tahun 2014, sedangkan pada tahun 2015 seluas 1.09 juta ha (BPS, 2015). Penurunan luas areal tanam padi gogo disebabkan sedikitnya varietas padi gogo yang mempunyai produktivitas tinggi dan adopsi teknologi budidaya oleh petani masih rendah (Idawanni *et al.*, 2016). Oleh karena itu perakitan varietas padi gogo unggul toleran terhadap kekeringan merupakan suatu upaya meningkatkan produktivitas padi lahan kering.

Kehilangan hasil yang disebabkan oleh cekaman kekeringan diperkirakan mencapai 34-53% di bawah cekaman kekeringan moderat dan mencapai 65-88% di bawah cekaman kekeringan berat jika dibandingkan dengan padi sawah irigasi (Verulkar *et al.*, 2010). Terbatasnya ketersediaan air pada saat pembungaan, menyebabkan pengurangan hasil gabah dengan meningkatnya kehampaan gabah (Yamin *et al.*, 2012; Hu dan Xiong, 2014). Menurut Akram *et al.* (2013), kekeringan menyebabkan laju fotosintesis menurun secara signifikan pada semua tahap pertumbuhan.

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan berusaha melakukan perubahan-perubahan fisiologi sebagai bentuk adaptasi. Respon awal tanaman padi terhadap cekaman kekeringan ialah penurunan konduktansi disebabkan berkurangnya tekanan turgor yang ditandai dengan pengguguran daun sebagai bentuk mekanisme tanaman dalam menghindari cekaman kekeringan (Suwarno *et al.*, 2016; Ai *et al.*, 2010). Pengguguran daun menunjukkan adanya kekurangan air pada tanaman (Adisyahputra *et al.*, 2011; Ai dan Lenak, 2014).

Salah satu upaya efektif untuk mendapatkan varietas padi gogo unggul yang memiliki toleransi terhadap kekeringan dilakukan melalui pemuliaan dan bioteknologi tanaman. Pemanfaatan teknik kultur antera dapat mempercepat proses untuk mendapatkan galur murni yang pada umumnya diperoleh dengan melakukan persilangan 6-8 generasi, antera yang bersifat haploid dapat mengganda secara spontan menjadi dihaploid yang setara dengan galur murni dalam waktu yang relatif singkat dan lebih hemat dalam biaya dan tenaga (Dewi dan Purwoko, 2012). Penelitian terdahulu telah diperoleh galur-galur padi dihaploid (Dewi *et al.*, 2014), yang perlu diuji toleransinya terhadap cekaman abiotik, seperti kekeringan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi mengenai respon dan menyeleksi galur-galur dihaploid yang toleran terhadap cekaman kekeringan fase bibit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2017 di rumah kaca Muara, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Bogor, Jawa Barat. Bahan yang digunakan adalah 14 galur dihaploid padi gogo dan empat pembanding yaitu dua varietas unggul padi gogo (Inpago 10 dan Limboto) merupakan varietas yang agak toleran cekaman kekeringan (Wahab *et al.*, 2018), Salumpikit (cek toleran kekeringan), dan IR 20 (cek peka kekeringan). Daftar galur dihaploid dapat dilihat pada Tabel 1. Dua puluh benih per genotipe uji ditanam dengan jarak 3 cm x 3 cm dalam bak skringing berukuran (panjang x lebar x tinggi) 5.3 m x 1.3 m x 0.8 m diisi tanah. Media tanah diberi Furadan sehari sebelum tanam. Penanaman benih dalam bak ditata sesuai dengan tata letak rancangan kelompok lengkap teracak dengan 3 ulangan. Pemupukan Urea, SP-36, dan KCl yang dilarutkan dalam air diberikan pada tanaman umur 7 hari setelah tanam (HST). Pemeliharaan tanaman dilakukan secara intensif. Penyiraman air hanya dilakukan sampai tanaman berumur 14 HST. Setelah fase tersebut tanaman dalam bak penapisan dibiarkan tumbuh tanpa disiram air.

Skoring diawali pada karakter pengguguran daun yang dilaksanakan pada saat bibit tidak lagi mendapatkan penyiraman setelah 14 hari tanam sampai dengan padi gogo varietas IR 20 menggulung penuh (skor 9). Penilaian toleransi terhadap kekeringan dilakukan pada saat varietas pembanding peka (IR20) mati atau semua daunnya telah mengering (skor 9). Penilaian daya tumbuh kembali (*recovery ability*) dilakukan setelah skoring toleransi terhadap kekeringan dilakukan yaitu semua galur yang diuji disiram kembali dan dipelihara selama 10 hari. Penilaian (skoring) terhadap tiga peubah toleransi kekeringan, yaitu pengguguran daun, kekeringan daun, dan daya tumbuh kembali berdasar pada *Standard Evaluation System* (SES) padi dari IRRI (2014), pada Tabel 2-4.

Data hasil skoring uji toleransi galur-galur dihaploid padi gogo terhadap kekeringan dihitung menggunakan uji Friedman. Uji Friedman merupakan metode non-parametrik untuk rancangan kelompok lengkap teracak yang dapat digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok

Tabel 1. Daftar galur dihaploid padi gogo pada uji toleransi terhadap cekaman kekeringan

Nomor kode galur	Galur/varietas	Nomor kode galur	Galur/varietas
ST1	HR-1-12-1-1	ST9	HR-5-7-1-1
ST2	HR-1-32-1-1	ST10	HR-5-9-1-1
ST3	HR-2-22-2-1	ST11	HR-5-9-4-1
ST4	HR-2-27-2-7	ST12	HR-7-15-2-1
ST5	HR-2-34-1-3	ST13	B3-2
ST6	HR-3-6-2-1	ST14	B6-4
ST7	HR-5-11-1-1	ST15	Inpago 10
ST8	HR-5-13-2-2	ST16	Limboto

ketika variabel dependen yang diukur ialah data kualitatif. Pengamatan tiap kelompok diperingkatkan secara terpisah sehingga tiap kelompok akan mempunyai gugus peringkat. Nilai peringkat diperoleh berdasarkan penjumlahan gugus peringkat tiap kelompok, sedangkan nilai dari masing-masing perlakuan (galur) diperoleh berdasarkan nilai median, yaitu median yang sudah disesuaikan (*estimated median*). Nilai median ini diperoleh dari penjumlahan *grand median* dengan efek perlakuan. Statistik uji Friedman dapat dihitung melalui rumus Conover (1999), sebagai berikut:

$$R_j = \sum_{i=1}^b R(X_{ij}); A = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k [R(X_{ij})]^2; C = \frac{bk(k+1)^2}{4};$$

$$\chi^2 = \frac{(k-1)}{A-C} \cdot [\sum_{j=1}^k R_j^2 - b \cdot C];$$

db = k - 1, dengan: R_j = jumlah nilai peringkat setiap genotipe ke-j pada seluruh ulangan, A = jumlah kuadrat setiap nilai pengamatan, C = faktor koreksi, χ^2 = nilai khi-kuadrat hitung, b = ulangan, k = genotipe, i = 1,2,3 (ulangan) j = 1,2,3,...18, ketika uji Friedman menunjukkan ada perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji lanjut BNT berdasarkan Conover (1999), dengan persamaan sebagai berikut:

$$|\bar{R}_b - \bar{R}_a| > \frac{1}{b} \cdot t_{((\alpha/2), (k-1), (b-1))} \cdot \sqrt{\frac{2(b \cdot A) - \sum R_j^2}{(b-1)(k-1)}}$$

\bar{R}_a = rata-rata jumlah peringkat genotipe; \bar{R}_b = rata-rata jumlah peringkat genotipe b; = jumlah nilai peringkat setiap genotipe ke-j pada seluruh ulangan; b = ulangan; k = genotipe; R_j = jumlah peringkat setiap genotipe; $t_{((\alpha/2), (k-1), (b-1))}$ = nilai tabel t-student pada taraf nyata $\alpha/2$, dengan derajat bebas (k - 1) (b - 1); A = jumlah kuadrat setiap nilai pengamatan.

Indeks seleksi terboboti digunakan untuk memberikan peringkat galur-galur dihaploid berdasarkan peubah tanggapan tanaman padi terhadap penggugulan daun, kekeringan dan daya tumbuh kembali (*recovery ability*) setelah perlakuan kekeringan. Falconer dan Mackay (1996) menjelaskan penentuan indeks seleksi terboboti berdasarkan: $I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n$, dengan I adalah indeks seleksi; b_n adalah bobot dari peubah ke-n; X_n adalah nilai fenotipe yang telah dibakukan untuk peubah ke-n dengan pembakuan, $x =$ Nilai tengah peubah tiap genotype, $\bar{x} =$ Nilai tengah peubah, $\sigma_{galat}^2 =$ Ragam peubah, $X_n = \frac{(x-\bar{x})}{\sqrt{\sigma_{galat}^2}}$

Penentuan besarnya nilai pembobot dilakukan berdasarkan urutan nilai ekonomis dari karakter-karakter yang digunakan (Fang dan Xiong, 2015). Peringkat galur-galur dihaploid berdasarkan peubah hasil skrining penggugulan daun, kekeringan daun dan daya tumbuh kembali dapat dilakukan dengan menggunakan indeks seleksi atau seleksi terboboti. Total skor peubah yang diamati merupakan gabungan penilaian seluruh penampilan tanaman yang diamati, yang sudah dibakukan (Fotokian dan Agahi, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Galur-galur Dihaploid Padi Gogo terhadap Cekaman Kekeringan

Hasil penelitian pada peubah penggugulan daun berdasarkan perhitungan Friedman menunjukkan bahwa

Tabel 2. Klasifikasi respon tanaman padi terhadap penggugulan daun karena cekaman kekeringan

Nilai	Kategori	Gejala
0	Sangat toleran	Daun sehat
1	Toleran	Daun mulai menggulung (bentuk V dangkal)
3	Agak toleran	Daun menggulung (bentuk V dalam)
5	Agak peka	Daun menggulung (melengkung bentuk U)
7	Peka	Daun menggulung dimana tepi daun saling menyentuh (bentuk 0)
9	Sangat peka	Daun menggulung penuh

Sumber: Standard Evaluation System for Rice (IRRI, 2014)

Tabel 3. Klasifikasi respon tanaman padi terhadap kekeringan berdasarkan gejala daun mengering

Nilai	Kategori	Gejala
0	Sangat Toleran	Tidak ada gejala
1	Toleran	Ujung daun mengering
3	Agak Toleran	1/4 ujung daun kering
5	Moderat	1/4 sampai 1/2 ujung daun ada yang kering
7	Agak Peka	Lebih dari 2/3 ujung daun ada yang kering
9	Peka	Semua daun kering

Sumber: Standard Evaluation System for Rice (IRRI, 2014)

sebanyak dua galur dihaploid padi gogo yaitu HR-5-7-1-1 dan HR-7-15-2-1 merupakan galur-galur dihaploid yang putatif agak toleran dengan nilai *estimated* median skor penggulangan daun sebesar 3.44 dan 3.00 (Tabel 5). Kedua galur tersebut menunjukkan skor penggulangan daun yang rendah dan memberikan respon yang sama dengan Salumpikit, dimana Salumpikit memiliki nilai *estimated* median sebesar 2.44. Salumpikit menunjukkan peringkat terbaik, sedangkan HR-5-7-1-1 dan HR-7-15-2-1 menunjukkan peringkat setelah Salumpikit, namun tetap merupakan galur dengan toleransi putatif penggulangan daun terbaik diantara galur-galur dihaploid yang diuji. Varietas IR 20 menunjukkan respon putatif sangat peka dengan nilai *estimated* median skor penggulangan daun sebesar 8.44. Tanaman yang mempunyai skor penggulangan daun yang rendah merupakan tanaman yang putatif resisten terhadap kekeringan (Tubur *et al.*, 2012; Pandey dan Shukla, 2015; Akbar *et al.*, 2018).

Skoring galur-galur terhadap kekeringan merupakan suatu alternatif untuk menentukan galur-galur tanaman yang memiliki toleransi terhadap kekeringan (Fen *et al.*, 2015; Boopathi *et al.*, 2013). Hasil skoring galur dihaploid terhadap peubah kekeringan daun (Tabel 6), menunjukkan perbedaan respon antar galur dihaploid yang diuji. Salumpikit menampilkan respon putatif agak toleran dengan nilai *estimated* median skor kekeringan sebesar 2.78 sedangkan IR20 menampilkan respon putatif agak peka dengan nilai *estimated* median 7.3. Perbedaan respon galur-galur dihaploid padi gogo yang diuji terhadap cekaman kekeringan menunjukkan perbedaan mekanisme toleransi

kekeringan galur-galur dihaploid padi gogo. Sebanyak 3 galur dihaploid yaitu HR-2-27-2-7, HR-2-34-1-3 dan HR-7-15-2-1 menampilkan respon yang sama dengan Salumpikit. Nilai *estimated* median skor kekeringan daun pada ketiga galur tersebut adalah 3.56. Salumpikit menampilkan peringkat terbaik diantara galur-galur yang diuji dan diikuti oleh HR-2-27-2-7, HR-2-34-1-3 dan HR-7-15-2-1. Ketiga galur tersebut merupakan galur yang memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang dibawah pasokan air yang tidak optimal. Menurut Farooq *et al.* (2009), galur yang memiliki toleransi terhadap kekeringan, memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang dibawah pasokan air yang tidak optimal.

Hasil pengamatan daya tumbuh kembali (*recovery ability*) pada Tabel 7 menunjukkan bahwa varietas Salumpikit menampilkan daya tumbuh kembali yang putatif toleran terhadap cekaman kekeringan dengan nilai *estimated* median skor daya tumbuh kembali 1.00. Sebanyak 9 galur dihaploid menampilkan respon daya tumbuh kembali yang sama dengan Salumpikit, dimana lebih dari 80% tanaman tumbuh kembali. Varietas IR 20 menunjukkan tanggapan putatif agak peka terhadap kekeringan dengan nilai *estimated* median skor daya tumbuh kembali 7.33. Kemampuan tanaman untuk tetap tumbuh saat pemberian air dilakukan setelah melewati periode kekeringan tertentu merupakan bentuk respon titik layu yang dapat balik dan penting (Sujinah dan Jamil, 2016). Karakter-karakter yang menjelaskan kemampuan suatu galur untuk tumbuh kembali setelah tercekam kekeringan dinilai lebih penting dari toleransi terhadap kekeringan daun dan penggulangan daun (Chen *et al.*, 2015).

Tabel 4. Penilaian daya toleransi kekeringan dan persentase daya tumbuh kembali

Nilai	Kriteria	Persentase tanaman tumbuh kembali
1	Toleran	> 80
3	Agak Toleran	61-80
5	Moderat	41-60
7	Agak Peka	40-11
9	Peka	< 11

Sumber: Standard Evaluation System for Rice (IRRI, 2014)

Peringkat Galur-galur Dihakloid Padi Gogo terhadap Cekaman Kekeringan Berdasarkan Indeks Seleksi

Peringkat toleransi galur dihaploid terhadap kekeringan berdasarkan indeks seleksi terboboti disajikan pada Tabel 8. Berdasarkan nilai indeks seleksi tersebut diperoleh 9 galur dihaploid padi gogo dengan indeks seleksi tinggi dan bernilai positif. Hanya ada 2 galur dihaploid padi gogo yaitu HR-7-15-2-1 dan B3-2 yang memiliki nilai indeks seleksi melebihi varietas Inpago 10 (nilai indeks seleksi 4.50) dan Limboto (nilai indeks seleksi -3.64).

Penelitian ini menunjukkan bahwa peubah tanggapan nilai penggulangan daun dan toleransi kekeringan diberi

nilai -2, sedangkan tanggapan daya tumbuh kembali diberi nilai -1. Nilai pembobotan bernilai negatif disebabkan nilai skoring yang kecil pada tiga peubah menunjukkan

tanaman yang putatif toleran. Pembobotan pada peubah penggulangan daun dan kekeringan daun lebih kecil dari daya tumbuh kembali (*recovery*) yang diberi bobot -1.

Tabel 5. Respon penggulangan daun galur dihaploid padi gogo terhadap cekaman kekeringan

Galur	Modus	<i>Estimated</i> median	Nilai peringkat	Kriteria
HR-1-12-1-1	7	7.00	45.0ab	Peka
HR-1-32-1-1	7	6.44	38.0bc	Peka
HR-2-22-2-1	5	5.44	30.5cd	Agak peka
HR-2-27-2-7	5	5.44	31.0cd	Agak peka
HR-2-34-1-3	5	5.00	23.5de	Agak peka
HR-3-6-2-1	7	7.00	45.0ab	Peka
HR-5-11-1-1	5	5.00	23.5de	Agak peka
HR-5-13-2-2	7	7.00	45.0ab	Peka
HR-5-7-1-1	3	3.44	11.5efg	Agak toleran
HR-5-9-1-1	5	5.44	31.0cd	Agak peka
HR-5-9-4-1	5	5.44	31.0cd	Agak peka
HR-7-15-2-1	3	3.00	6.5fg	Agak toleran
B3-2	5	4.44	17.5ef	Agak peka
B6-4	5	5.00	30.5cd	Agak peka
Inpago 10	5	5.00	23.5de	Agak peka
Limboto	5	5.00	23.5de	Agak peka
IR20	9	8.44	52.0a	Sangat peka
Salumpikit	3	2.44	4.5g	Agak toleran

Tabel 6. Respon toleransi kekeringan daun galur dihaploid padi gogo

Galur	Modus	<i>Estimated</i> median	Nilai peringkat	Kriteria
HR-1-12-1-1	7	6.11	40.5ab	Agak peka
HR-1-32-1-1	5	5.56	34.5abc	Moderat
HR-2-22-2-1	5	4.11	20.0cde	Moderat
HR-2-27-2-7	3	3.56	13.5de	Agak toleran
HR-2-34-1-3	3	3.56	13.5de	Agak toleran
HR-3-6-2-1	7	6.33	38.0ab	Agak peka
HR-5-11-1-1	5	5.22	32.0bc	Moderat
HR-5-13-2-2	7	6.11	40.5ab	Agak peka
HR-5-7-1-1	5	5.33	32.0bc	Moderat
HR-5-9-1-1	7	6.11	40.5ab	Agak peka
HR-5-9-4-1	5	4.78	26.0bcd	Moderat
HR-7-15-2-1	3	3.56	13.5de	Agak toleran
B3-2	5	4.11	20.0cde	Moderat
B6-4	5	4.11	19.5cde	Moderat
Inpago 10	5	5.22	32.0bc	Moderat
Limboto	7	6.11	40.5ab	Agak peka
IR20	7	7.33	49.0a	Agak peka
Salumpikit	3	2.78	7.5e	Agak toleran

Tabel 7. Respon daya tumbuh kembali galur dihaploid padi gogo

Galur	Modus	<i>Estimated</i> median	Nilai peringkat	Kriteria
HR-1-12-1-1	1	1.00	16.5d	Toleran
HR-1-32-1-1	1	1.33	24.5cd	Toleran
HR-2-22-2-1	1	1.56	24.5cd	Toleran
HR-2-27-2-7	1	1.22	24.5cd	Toleran
HR-2-34-1-3	3	2.67	32.5bc	Agak toleran
HR-3-6-2-1	3	3.22	43.5ab	Agak Toleran
HR-5-11-1-1	1	1.00	16.5d	Toleran
HR-5-13-2-2	3	2.56	32.5bc	Agak Toleran
HR-5-7-1-1	3	2.67	32.5bc	Agak Toleran
HR-5-9-1-1	1	1.33	24.5cd	Toleran
HR-5-9-4-1	1	1.00	16.5d	Toleran
HR-7-15-2-1	1	1.00	16.5d	Toleran
B3-2	1	1.00	16.5d	Toleran
B6-4	3	3.00	40.5ab	Agak Toleran
Inpago 10	3	2.56	32.5bc	Agak Toleran
Limboto	5	4.56	48.0ab	Moderat
IR20	7	7.33	54.0a	Agak Peka
Salumpikit	1	1.00	16.5d	Toleran

Tabel 8. Peringkat galur-galur dihaploid padi gogo berdasarkan indeks seleksi

Galur	Penggulungan daun	Kekeringan	Tumbuh kembali	Indeks seleksi
Salumpikit	Agak toleran	Agak Toleran	Toleran	12.80
HR-7-15-2-1	Agak toleran	Agak Toleran	Toleran	9.87
B3-2	Agak peka	Moderat	Toleran	5.52
Inpago 10	Agak peka	Moderat	Agak toleran	4.50
HR-2-34-1-3	Agak peka	Agak Toleran	Agak toleran	4.30
HR-2-27-2-7	Agak peka	Agak Toleran	Toleran	3.52
HR-5-7-1-1	Agak toleran	Moderat	Agak toleran	2.65
HR-2-22-2-1	Agak peka	Moderat	Toleran	2.02
HR-5-9-4-1	Agak peka	Moderat	Toleran	1.16
HR-5-11-1-1	Agak peka	Moderat	Toleran	1.09
B6-4	Agak peka	Moderat	Agak Toleran	0.73
HR-1-32-1-1	Agak peka	Agak peka	Toleran	-2.41
HR-5-9-1-1	Peka	Agak Peka	Toleran	-2.46
Limboto	Agak peka	Agak Peka	Moderat	-3.64
HR-1-12-1-1	Peka	Agak Peka	Toleran	-4.69
HR-5-13-2-2	Peka	Agak Peka	Agak toleran	-5.98
HR-3-6-2-1	Peka	Agak Peka	Agak toleran	-7.27
IR20	Sangat peka	Agak Peka	Agak Peka	-16.99

KESIMPULAN

Uji toleransi berdasarkan analisis non-parametrik dari Friedman, menghasilkan dua galur dihaploid HR-5-

7-1-1 dan HR-7-15-2-1 dengan respon putatif agak toleran terhadap penggulungan daun, dan tiga galur dihaploid padi gogo yaitu HR-2-27-2-7, HR-2-34-1-3 dan HR-7-15-2-1 dengan respon putatif agak toleran terhadap kekeringan

daun. Sembilan galur dihaploid memiliki kemampuan daya tumbuh kembali putatif toleran. Berdasarkan indeks seleksi terboboti diperoleh 9 galur dihaploid padi gogo dengan indeks seleksi tinggi dan bernilai positif. Dua galur dihaploid padi gogo yaitu HR-7-15-2-1 dan B3-2, memiliki nilai indeks seleksi melebihi varietas Inpago 10 (nilai indeks seleksi 4.50) dan Limboto (nilai indeks seleksi -3.64).

DAFTAR PUSTAKA

- Adisyasputra, Sudarsono, K. Setiawan. 2011. Pewarisan sifat densitas stomata dan laju kehilangan air daun (rate leaf water loss RWL) pada kacang tanah (*Arachis hypogea* L.). *J. Natur Indonesia* 14:73-89.
- Ahadiyat, Y.R., P. Hidayat, U. Susanto. 2014. Drought tolerance, phosphorus efficiency and yield characters of upland rice lines. *Emir J. Food Agric.* 26:25-34.
- Ahmad, S., R. Ahmad, M.Y. Ashraf, M. Ashraf, E.A. Waraich. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pak J. Bot.* 41:647-54.
- Ai, N.S., A.A. Lenak. 2014. Penggulungan daun pada tanaman monokotil saat kekurangan air (Leaf rolling in monocotyledone plants under water deficit). *J. Biologos* 4:48-55.
- Ai, N.S., S.M. Tondais, R. Butar Butar. 2010. Evaluasi indikator toleransi cekaman kekeringan pada fase perkecambahan padi (*Oryza sativa* L.). *J. Biologi* 14:50-54.
- Akbar, M.R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno. 2018. Penentuan indeks seleksi toleransi kekeringan galur dihaploid padi sawah tadah hujan pada fase perkecambahan. *J. Agron. Indonesia* 46:133-139.
- Akram, H.M., A. Ali, A. Sattar, H.S.U. Rehman, A. Bibi. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *J. Animal Sci.* 23:1415-1423.
- Boopathi, N.M., G. Swapnashri, P. Kavitha, S. Sathish, R. Nithya, W. Ratnam, A. Kumar. 2013. Evaluation and bulked segregant analysis of major yield QTL 12.1 introgressed into indigenous elite line for low water availability under water stress. *Rice Sci.* 20: 25-30.
- BPS. Badan Pusat Statistik. 2015. Luas panen padi ladang menurut provinsi. <http://www.bps.go.id> [30 April 2018].
- Cahyadi, E., Ete, A., Made, U. 2013. Identifikasi karakter fisiologis dini padi gogo lokal Mangkawa terhadap cekaman kekeringan. *Agrotekbis* 1:228-235.
- Chen, D. Q., S.W. Wang, B.B. Cao, D. Cao, G.H. Leng, H.B. Li, L.N. Yin, L. Shan, X.P. Deng. 2015. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. *Front Plant Sci.* 6:1-15.
- Conover, W.J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. 3th edition. Texas Tech University.
- Dewi, I.S., B.S. Purwoko. 2012. Kultur antera untuk percepatan perakitan varietas padi di Indonesia. *J. Agro Biogen.* 8:78-88.
- Dewi, I.S., N.H. Putri, B.S. Purwoko. 2014. Dihadloid Rice Line Production Through Anther Culture to Accelerate the Development of New Rice Varieties. p. 122-126. *In* P.V.Cuong, J.I. Sakagami (Eds.) *Proceedings of 8 Asian Crop Science Association Conference*. Agricultural University Press. Ha Noi. Vietnam 23-25 September 2014.
- Falconer, D.S., T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th edition. Longman Essex, Malaysia, MY.
- Fang, Y.J., L.Z. Xiong. 2015. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cell Mol. Life Sci.* 72:673-689.
- Farooq, M.F., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29:185-212.
- Fen, L.L, M.R. Ismail, B. Zulkarami, M.S.A. Rahman, R.M. Ismail. 2015. Physiological and molecular characterization of drought responses and screening of drought tolerant rice varieties. *Biosci. J.* 31:709-718.
- Fotokian, M.H., K. Agahi. 2014. Genetic worth and stability of selection indices in rice (*Oryza sativa* L.). *Prog. Bio. Sci.* 4:153-166.
- Gunarsih, C., B.S. Purwoko, I.S. Dewi., M. Syukur. 2016. Uji toleransi galur-galur dihaploid hasil kultur antera terhadap cekaman kekeringan. hal. 201-211. *Dalam* Taryono, Supriyanta, Kristamtini (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta 2 Juni 2016.
- Hu, H.H., L.Z. Xiong. 2014. Genetic engineering and breeding of drought resistant crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65:715-741.

- Idawanni, Hasanuddin, Bakhtiar. 2016. Uji adaptasi beberapa varietas padi gogo di antara tanaman kelapa sawit muda di Kabupaten Aceh Timur. *J. Floratek* 11:88-95.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2014. Standard Evaluation System for Rice. Inger-IRRI, Manila, PH.
- Maclean, J.L., D. Dawe, B. Hardy, G.P. Hettel. 2002. *Rice Almanac*. IRRI, Los Banos, PH.
- Maisura, M.A. Chozin, I. Lubis, A. Junaedi, H. Ehara. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.* 20:104-114.
- Pandey, V., A. Shukla. 2015. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Sci.* 22: 147-161.
- Sasmita, P. 2008. Skrining ex situ genotipe padi gogo haploid ganda toleran intensitas cahaya rendah. *J. Agrikultura* 19:75-82.
- Sujinah, A. Jamil. 2016. Mekanisme respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan dan varietas toleran. *Iptek Tanaman Pangan* 11:1-7.
- Surmaini, E., E. Runtunuwu, I. Las. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *J. Litbang Pertanian* 30:1-7.
- Suwarno, P.M., D. Wirnas, A. Junaedi. 2016. Kendali genetik toleransi kekeringan pada padi sawah (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Indonesia* 44:119-125.
- Swapna, S., K.S. Shylaraj. 2017. Screening for osmotic stress responses in rice varieties under drought condition. *Rice Sci.* 24:253-263.
- Tubur, H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, A. Junaedi. 2012. Respon agronomi varietas padi terhadap periode kekeringan pada sistem sawah. *J. Agron. Indonesia* 40:167-173.
- Uga, Y., K. Sugimoto, S. Ogawa, J. Rane, M. Ishitani, N. Hara, Y. Kitomi, Y. Inukai, K. Ono, N. Kanno, K. Inoue, H. Takehisa, R. Motoyama, Y. Nagamura, Y.Z. Wu, T. Matsumoto, T. Takai, K. Okuno, M. Yano. 2013. Control of root system architecture by deeper rooting increase rice yield under drought conditions. *Nat. Genet.* 45:1097-1102.
- Verulkar, S.B., N.P. Mandal, J.L. Dwivedi, B.N. Singh, P.K. Sinha, R.N. Mahato, P. Dongre, O.N. Singh, L.K. Bose, P. Swain, S. Robin, R. Chandrababu, S. Senthil, A. Jain, H.E. Shashidhar, S. Hittalman, C. Vera Cruz, A. Paris, A. Raman, S. Haefele, R. Serraj, G. Atlin, A. Kumar. 2010. Breeding resilient and productive genotypes adapted to drought-prone rainfed ecosystem of India. *Field Crops Res.* 117: 197-208.
- Vikram, P., B.P.M. Swamy., S. Dixit, H.U. Ahmed, M.T.S. Cruz, A.K. Singh, A. Kumar. 2011. qDTY1.1, a major QTL for rice grain yield under reproductive-stage drought stress with a consistent effect in multiple elite genetic backgrounds. *BMC Genet.* 12:1-15.
- Wahab, I.M., Satoto, A. Guswara, Suharna. 2018. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Wening, R.H., U. Susanto. 2014. Skrining plasma nutfah padi terhadap cekaman kekeringan. *Widyariset* 17:193-204.
- Widyastuti, Y., B.S. Purwoko, M. Yunus. 2016. Identifikasi toleransi kekeringan tetua padi hibrida pada fase perkecambahan menggunakan polietilen glikol (PEG) 6000. *J. Agron. Indonesia* 44:235-241.
- Yamin, M., B. Suprihatno, T. Rustiati, T. Sitaresmi. 2012. Toleransi beberapa genotipe padi umur pendek terhadap pasokan air terbatas. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31:71-78.
- Zhu, J.K. 2016. Abiotic stress signaling and responses in plants. *Cell.* 167:313-324.