

Respon Fisiologi dan Agronomi Padi Mutan Situgintung pada Cekaman Kekeringan Fase Vegetatif

Physiological and Agronomical Responses of Situgintung-Mutant Rice under Drought Stress in the Vegetative Phase

M. Sarwendah^{1,2*}, I. Lubis¹, A. Junaedi¹, B.S. Purwoko¹, D. Sopandie¹, A.K. Dewi³

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Pascasarjana, IPB University
Jl Meranti, Babakan, Kec. Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680, Indonesia

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bangka Belitung, Litbang Kementan
Jl Mentok km 4 Pangkalpinang 33134, Indonesia

³Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi, Organisasi Riset Teknologi Nuklir,
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49 12440, Indonesia

*E-mail: sarwendahmamik@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan iklim dapat menyebabkan gangguan tanaman pangan, seperti kekeringan yang dapat mengurangi produksi beras. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon fisiologi dan agronomi padi Gogo Situgintung pada kondisi cekaman kekeringan fase vegetatif. Percobaan ini dilakukan di rumah kaca menggunakan rancangan acak kelompok dua faktor (genotipe dan perlakuan kekeringan) dengan empat kali ulangan. Genotipe yang digunakan terdiri dari Situgintung, IR20 (cek peka) dan Salumpikit (cek toleran). Semua genotipe ditumbuhkan pada dua lingkungan, kontrol (tanpa kekeringan) dan kekeringan fase vegetatif. Setiap perlakuan terdiri dari 10 tanaman. Perlakuan kekeringan diberikan pada saat fase vegetatif yaitu 15 Hari Setelah Tanam (HST). Peubah yang diamati terdiri dari klorofil a, klorofil b, total klorofil, karoten, antosianin, konduktansi stomata, MDA, prolin, bobot kering tajuk, rasio akar tajuk, tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, panjang malai, bobot 100 butir, dan bobot gabah per tanaman. Hasil penelitian menunjukkan jika dibandingkan dengan IR20, Situgintung mampu mengurangi dampak negatif dari kondisi kekurangan air dengan cara mengurangi kerusakan klorofil dan mengurangi penurunan jumlah anakan. Penurunan bobot gabah per malai Situgintung pada kondisi kekeringan lebih kecil daripada IR20. Salumpikit merupakan varietas cek toleran kekeringan mengalami penurunan bobot gabah yang paling kecil.

Kata kunci: Fase vegetatif, kekeringan, klorofil, MDA, prolin

ABSTRACT

Climate change can cause disruption for food crops as drought that can reduce rice production. This study aimed to study the physiological and agronomic responses of upland rice variety Situgintung under drought stress conditions in the seedling phase. A 2-factor randomized complete group design with four replications was used as the experimental design. The genotypes used consisted of Situgintung, IR20 (sensitive check) and Salumpikit (tolerant check). All genotypes were grown in two environments, control (without drought) and drought vegetative phase. Drought treatment was given during the vegetative phase, which was 15 days after planting (DAP). The observed variables consisted of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotene, anthocyanins, stomata conductance, MDA, proline, canopy dry weight, root-shoot ratio, plant height, number of tillers, number of filled grain, number of empty grains, panicle length, weight of 100 grains, and weight of grain per plant. The results showed that when compared to IR20, Situgintung was able to reduce the negative impact of water shortage conditions by reducing chlorophyll damage and reducing the number of tillers. The decrease in grain weight per Situgintung panicle under drought conditions was smaller than IR20. Salumpikit is a drought-resistant variety with the least weight loss.

Keywords: Vegetative phase, drought, chlorophyll, MDA, proline

PENDAHULUAN

Beras merupakan pangan yang dikonsumsi sebagian besar penduduk Indonesia. Keadaan ini

berdampak pada tingkat partisipasi konsumsi beras hampir mencapai 100% [1]. Pada tahun 2020, Indonesia menghasilkan padi sebesar 54,65 juta ton GKG, jika dikonversikan menjadi beras

mencapai sekitar 31,33 juta ton [2]. Konsumsi beras di Indonesia semakin lama semakin meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk. Dengan peningkatan kebutuhan beras, maka perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman padi, baik padi sawah maupun padi gogo. Meskipun produktivitas padi gogo secara umum masih rendah dibandingkan padi sawah, ketersediaan lahan sub optimal di Indonesia sangat luas sehingga padi gogo dapat menjadi solusi guna mengoptimalkan lahan kering sebagai pengganti lahan sawah alih fungsi. Peningkatan produksi padi melalui pemanfaatan lahan kering akan menjadi tantangan kedepan mengingat keterbatasan daya dukung lahan, terutama sumber daya air [3].

Tanaman padi yang mengalami kekeringan pada fase vegetatif menunjukkan bahwa rasio akar terhadap pucuk meningkat seiring dengan peningkatan keparahan kekeringannya serta penurunan kadar klorofil pada perlakuan PEG pada semua jenis padi [4]. Toleransi tanaman padi pada cekaman kekeringan fase vegetatif atau fase bibit dapat dilihat dari kemampuan tanaman tersebut untuk tumbuh kembali (*recovery*) setelah perlakuan kekeringan [5].

Efek awal kekeringan pada tanaman adalah perkecambahan yang buruk dan pembentukan bibit yang terganggu. Berbagai penelitian telah melaporkan dampak negatif dari kekeringan pada perkecambahan dan pertumbuhan biji [5], [6]. Identifikasi genotipe padi toleran kekeringan akan bermanfaat bagi para ilmuwan padi dalam mempelajari mekanisme kekeringan pada awal musim dan juga bagi pemulia padi untuk mengembangkan genotipe baru yang paling cocok di lingkungan tumbuh yang rentan terhadap kekeringan pada awal musim tanam [7].

Cekaman air mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan pada akhirnya menyebabkan penurunan hasil atau gagal panen. Respon kekeringan meliputi perubahan dalam mekanisme molekuler, fisiologis, dan biokimia dan juga dalam mekanismenya [8].

Akumulasi prolin merupakan respon pertama tanaman terhadap kekurangan air (*water deficit*) dan berperan untuk mengurangi kerusakan sel. Akumulasi prolin tidak hanya terjadi pada varietas toleran dibawah cekaman kekeringan tetapi juga meningkat pada varietas peka. Namun varietas toleran kekeringan mengakumulasi prolin dalam jangka waktu yang lebih lama

dibandingkan dengan varietas peka [9]. Dalam kondisi kekeringan, ketika ROS (*Reactive Oxygen Spesies*) melebihi ambang batas, peningkatan peroksidasi lipid terjadi dikedua membran seluler dan organel, yang pada gilirannya, mempengaruhi fungsi seluler normal. Pengaruh stres kekeringan pada konsentrasi peroksida lipid diukur sebagai kandungan MDA (Malondialdehid). Peningkatan yang signifikan dalam konsentrasi peroksida lipid mempengaruhi proses fisiologis dan metabolisme di tingkat sel [10].

Salah satu varietas padi gogo hasil pemuliaan mutasi dari BATAN yaitu Situgintung yang dilepas pada tahun 1992 dengan rata-rata hasil 2,15 – 3,50 ton/ha gabah kering giling. Informasi mengenai ketahanan padi Situgintung terhadap cekaman kekeringan belum diketahui. Evaluasi sifat fisiologi dan agronomi, pada tanaman padi mutan Situgintung pada kondisi kekeringan yang dikontrol perlu dilakukan untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap dan akurat, serta mengetahui mekanisme toleransinya terhadap cekaman kekeringan pada berbagai fase tumbuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari respon fisiologi dan agronomi padi gogo Situgintung pada kondisi cekaman kekeringan fase vegetatif.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan waktu penelitian

Materi genetik yang digunakan adalah Situgintung (Varietas BATAN), IR20 sebagai cek peka kekeringan dan Salumpikit sebagai cek toleran kekeringan. Untuk pemupukan menggunakan NPK dan pupuk kandang, serta menggunakan furadan untuk mengatasi hama tanaman. Alat-alat yang digunakan adalah *tray* plastik sebagai wadah untuk tanam, pengukur suhu dan kelembaban, moisture meter, porometer, dan alat-alat laboratorium.

Rancangan percobaan

Percobaan ini dilakukan di rumah kaca menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan 2 faktor diulang sebanyak 4 kali. Faktor pertama adalah varietas padi dan faktor kedua adalah perlakuan kekeringan. Varietas padi yang digunakan ada 3 jenis, yaitu Situgintung, Salumpikit (cek toleran), dan IR20 (cek peka). Setiap unit percobaan menggunakan 10 tanaman. Perlakuan yang diberikan pada percobaan ini adalah kekeringan pada fase vegetatif dan kontrol (tanpa kekeringan).

Kekeringan pada fase vegetatif dilakukan pada 15 HST (Hari Setelah Tanam). Benih ditanam pada tray plastik berukuran 100 cm x 80 cm x 15 cm yang diisi tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 5:1. Karbofuran ditambahkan ke media tanah sehari sebelum tanam. Benih ditanam satu lubang satu tanaman. Pemupukan NPK diberikan pada tanaman umur 7 HST dengan cara dilarutkan dalam air. Pemeliharaan tanaman dilakukan secara intensif. Pada tray yang mendapat perlakuan kekeringan, penyiraman air dilakukan sampai tanaman berumur 14 HST. Setelah fase tersebut tanaman dibiarkan tumbuh tanpa disiram air sampai cek peka sebagai indikator toleransi menunjukkan penggugulan daun penuh (skor 9).

Tabel 1. Skor penggugulan daun

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

Sumber : IRRI [11]

Karakter fisiologi dan agronomi yang diamati meliputi konduktansi stomata, klorofil, karoten, antosianin, MDA, prolin, bobot kering akar dan bobot kering tajuk tinggi tanaman, panjang malai, jumlah gabah isi dan hampa per malai, bobot 100 butir dan bobot gabah per rumpun. Peubah fisiologi diamati pada 11 hari setelah penyiraman dihentikan. Konduktansi stomata diukur menggunakan porometer (AP4 Delta T Cambridge UK).

Klorofil

Analisis klorofil, karoten dan antosianin menggunakan metode [12] yang dimodifikasi. Sampel daun yang sudah dicatat bobot segarnya dihaluskan menggunakan mortar, lalu dilarutkan dalam asetris. Larutan disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 6000 rpm. Supernatan diambil dan dihomogenkan dengan vortex mixer, selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang 470 nm, 537 nm, 647 nm, 663 nm. Dari hasil absorbansi dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Klorofil } a &= 0.001373A663 - 0.000897A537 - 0.003046A647 \\ \text{Klorofil } b &= 0.02405A647 - 0.004305A537 - 0.005507A663 \\ \text{Antosianin} &= 0.008173A537 - 0.00697A647 - 0.002228A663 \\ \text{Karotenoid} &= \frac{A470 - (17.1 \times (Klo a + Klo b) - 9.479 \times \text{Antosianin})}{119.26} \end{aligned}$$

Malondialdehid (MDA)

Analisis kuantitatif peroksidasi lipid dilakukan berdasarkan konsentrasi malondialdehyde (MDA) pada daun padi dengan mengikuti metode [13] yang dimodifikasi. Sebanyak 0,3 g daun sampel ditumbuk dengan mortar, lalu ditambahkan 5 mL 0,1% (b/v) asam trikloroasetat (TCA), kemudian disentrifugasi pada 10.000 g selama 5 menit. Supernatan 1 mL dipindahkan ke tabung yang baru, lalu ditambahkan 4 mL 0,1% (b/v) asam thiobarbituric (TBA) di 20% (w/v) TCA. Larutannya kemudian diinkubasi pada 80 °C dalam penangas air selama 30 menit dan kemudian didinginkan hingga suhu kamar. Absorbansi TBA-MDA kompleks diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Kandungan MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$) dihitung berdasarkan rumus berikut [14] :

$$\text{MDA} = \frac{\left(\frac{A532 - A600}{\epsilon}\right) \times 10^6}{\text{wet weight (g)}}$$

ϵ = Extinction coefficient of MDA ($155 \text{ Mm}^{-1}\text{cm}^{-1}$)

Prolin

Kandungan prolin daun diukur pada hari ke-11 setelah kekeringan berdasarkan pada metode yang dikembangkan oleh [15]. 0,25 g daun padi sampel digiling dengan penggiling, dihomogenisasi dalam 5 mL larutan asam sulfosalisilat 5%, lalu disentrifugasi pada 10.000 rpm selama 10 menit. 2 mL supernatan direaksikan dengan 2 mL asam ninhidrin dan 2 mL asam asetat glasial dalam tabung elang 15 mL selama 1 jam di 80 °C, kemudian segera diinkubasi dalam air es agar berkurang suhunya. Filtrat diekstraksi dengan 4 mL toluene, lalu dikocok kuat-kuat menggunakan pusaran. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada Panjang gelombang 520 nm. Konsentrasi prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$ berat segar) adalah dihitung menggunakan kurva standar prolin.

Analisis data

Data yang diperoleh dalam percobaan dianalisis menggunakan ANOVA pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan perangkat lunak R. Uji lanjut antar perlakuan dan interaksinya

dilakukan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan kekeringan pada fase vegetatif (15 HST) akan mempengaruhi sifat fisiologi dan agronomi tanaman padi. Pada penelitian ini tidak terdapat interaksi yang nyata antara genotipe dan perlakuan terhadap peubah konduktansi stomata, klorofil b, klorofil total, karoten, antosianin, rasio akar tajuk dan tinggi tanaman padi varietas Situgintung, IR20 dan Salumpikit. Perlakuan kekeringan pada fase vegetatif (15 HST) secara nyata menurunkan konduktansi stomata, kandungan klorofil b, klorofil total, antosianin,

karoten, rasio akar tajuk dan tinggi tanaman (Tabel 2). Klorofil, laju fotosintesis, dan biomas akan menurun ketika tanaman padi tercekam kekeringan, baik pada varietas toleran atau pun peka, namun, pada varietas toleran penurunannya lebih rendah [16]. Dalam penelitian ini menunjukkan perlakuan kekeringan berpengaruh negatif terhadap kandungan pigmen fotosintesis. klorofil a pada kondisi kontrol 1,10 mg/g menurun menjadi 0,94 mg/g pada cekaman kekeringan. Hal yang sama terjadi pada klorofil b yaitu 4,19 mg/g pada kontrol, menurun menjadi 3,74 mg/g akibat kekeringan. Pigmen sebagai komponen penting dalam perkembangan tanaman dapat mengatasi kondisi kesehatan tanaman [17].

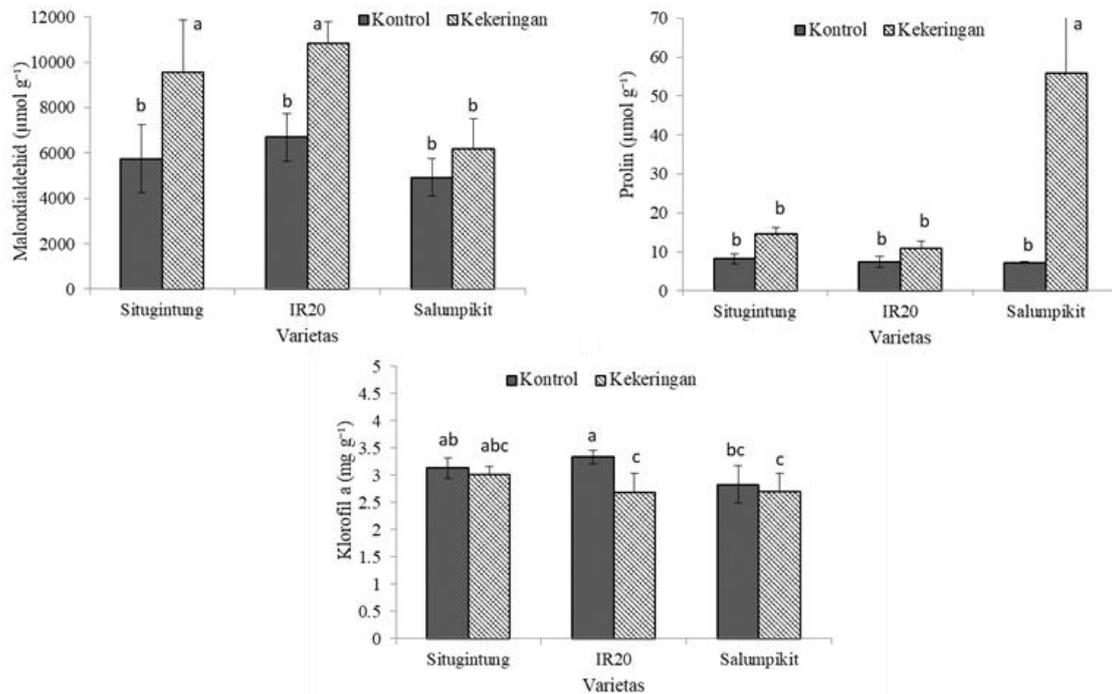
Tabel 2. Sifat fisiologi (konduktansi stomata, klorofil b, klorofil total, antosianin, karoten) dan sifat agronomi (rasio akar tajuk, tinggi tanaman) tiga varietas padi

Peubah	Gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	Klo a (mg/g)	Klo b (mg/g)	Ant (mg/g)	Krt (mg/g)	RAT	TT (cm)
Genotipe							
Situgintung	2,14	1,10a	4,17a	0,13	0,84	0,32b	138,94a
IR20	2,14	1,00b	4,01ab	0,11	0,83	0,27b	79,82b
Salumpikit	194	0,95b	3,72b	0,11	0,83	0,38a	141,15a
Perlakuan							
Kontrol	2,68	1,10	4,19	0,13	0,91	0,40	129,01
Kekeringan	1,46	0,94	3,74	0,10	0,75	0,25	110,93
Genotipe	tn	*	*	tn	tn	**	***
Perlakuan	***	***	**	*	***	***	***
G x P	tn	tn	tn	tn	tn	tn	tn
CV (%)	19,84	8,82	7,01	27,62	9,41	14,94	6,73

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata. *, **, *** - signifikan pada level 5%, 1%, and 0.1%; ts - tidak signifikan berdasarkan ANOVA
 Gs: konduktansi stomata, Klo a: klorofil a, Klo b: klorofil b, Ant: antosianin, Krt: karoten, RAT: rasio akar tajuk, TT: tinggi tanaman

Kekeringan pada fase vegetatif juga akan mempengaruhi tinggi tanaman. Rata-rata tinggi tanaman pada kondisi kontrol 129,01 cm, ketika tercekam kekeringan menjadi 110,93 cm. Tanaman dengan irigasi baik, memiliki pertumbuhan tanaman yang lebih baik pula jika dibandingkan dengan tanaman yang mengalami cekaman kekeringan. Rasio akar tajuk pada kondisi cekaman kekeringan menunjukkan penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan ruang tumbuh akar yang sempit hanya menggunakan *tray* sehingga akar tidak dapat

berkembang dengan baik. Rasio akar tajuk Salumpikit (varietas toleran) paling tinggi jika dibandingkan dengan Situgintung dan IR20 (Tabel 2). Varietas peka pada cekaman kekeringan memperlihatkan penurunan bobot akar yang lebih besar dan kedalaman capaian akar juga lebih rendah dibandingkan dengan varietas yang toleran. Sistem perakaran dalam memungkinkan varietas padi toleran untuk menghindari cekaman kekeringan dengan menyerap lebih banyak air yang tersimpan di lapisan tanah dalam [21].



Gambar 1. Pengaruh kekeringan terhadap MDA (A), prolin (B), klorofil a (C) pada tiga varietas padi

Hasil penelitian (Gambar 1B) menunjukkan bahwa ada peningkatan yang signifikan pada kandungan prolin daun dari semua genotipe padi yang mendapat perlakuan cekaman kekeringan. Kandungan prolin daun semua genotip pada kondisi kontrol atau tanpa kekeringan menunjukkan kandungan prolin yang hampir sama. Peningkatan kandungan prolin yang luar biasa terjadi pada padi Salumpikit karena cekaman kekeringan ($55,89 \mu\text{mol g}^{-1}$), sedangkan kandungan prolin Situgintung ($14,52 \mu\text{mol g}^{-1}$) dan IR20 ($10,9 \mu\text{mol g}^{-1}$). Kandungan prolin pada tanaman yang terkena cekaman kekeringan dibandingkan kontrol yang disiram dengan baik, secara signifikan lebih tinggi pada varietas toleran daripada varietas peka [22].

Kondisi kekeringan dapat meningkatkan peroksida lipid. Terbukti pada penelitian ini (Gambar 1A), terjadi peningkatan kadar MDA daun padi pada kondisi kekeringan secara signifikan pada tiga varietas yang digunakan yaitu Situgintung, IR20 dan Salumpikit jika dibandingkan dengan kontrol. Kandungan MDA pada IR20 paling tinggi ($10821,78 \mu\text{mol g}^{-1}$) jika dibandingkan dengan Situgintung ($9563,40 \mu\text{mol g}^{-1}$) dan Salumpikit ($6180,01 \mu\text{mol g}^{-1}$) pada kondisi kekeringan. MDA merupakan salah satu indikasi kerusakan sel akibat aktivitas ROS. Semakin parah tingkat kekeringan maka semakin tinggi kerusakan membran sel, yang ditunjukkan

semakin tinggi pula kandungan MDA [23]. Salumpikit yang merupakan varietas toleran, mampu menekan dampak negatif dari kekeringan.

Klorofil a pada varietas IR20 pada kekeringan mengalami penurunan yang signifikan dan nyata jika dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1C). Sedangkan klorofil a Salumpikit dan Situgintung tidak terdapat perbedaan yang nyata pada kekeringan dan kontrol. Klorofil merupakan komponen penting dari aparatus fotosintesis yang berfungsi menyerap cahaya dan mentransfer energi cahaya ke pusat reaksi fotosistem. Terjadi penurunan kandungan klorofil dan hasil kuantum maksimum PSII pada tanaman padi cekaman kekeringan [24]. Kandungan klorofil total dan klorofil a dapat dijadikan indikator fisiologi pada padi lokal yang tercekam kekeringan [25]. Pada penelitian ini terlihat kerusakan pigmen fotosintesis pada varietas peka lebih tinggi jika dibandingkan dengan varietas toleran kekeringan.

Tidak terdapat interaksi yang nyata antara ketiga genotipe dan perlakuan yang diberikan (Tabel 3). Panjang malai, jumlah gabah isi dan jumlah gabah total per malai berbeda nyata pada genotipe yang digunakan. Situgintung memiliki malai yang lebih panjang (26,79 cm) daripada IR20 (23,22 cm) dan Salumpikit (24,08 cm). Situgintung juga memiliki jumlah gabah total per malai yang paling banyak (157,92) jika

dibandingkan dengan IR20 (114,53) dan Salumpikit (107,24). Jumlah gabah hampa per malai pada Situgintung paling tinggi (42,75) jika dibandingkan dengan IR20 (26,88) dan Salumpikit

(24,32). Jumlah gabah isi per malai genotipe Situgintung (96,17) namun tidak berbeda nyata dengan IR 20 (77,04) dan Salumpikit (75,76).

Tabel 3. Komponen hasil tiga varietas padi pada kondisi kontrol dan cekaman kekeringan

Perlakuan	PM (cm)	JGI	JGH	JGT	PH (%)
Genotipe					
Situgintung	26,79a	96,17	42,75a	157,92a	27,68
IR20	23,22b	77,04	26,88b	114,53b	25,85
Salumpikit	24,08b	75,76	24,32b	107,24b	22,86
Perlakuan					
Kontrol	25,49	81,54	28,15	142,78	19,63
Kekeringan	23,91	84,44	34,48	110,34	31,30
Genotipe	**	tn	***	***	tn
Perlakuan	tn	tn	*	**	***
G x P	tn	tn	tn	tn	tn
CV (%)	7,49	32,97	20,37	16,12	23,54

Keterangan: angka yang dikuti huruf yang sama pada satu kolom menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata. *, **, *** - signifikan pada level 5%, 1%, and 0.1%, ; ts – tidak signifikan berdasarkan ANOVA.

PM: Panjang malai, JGI: jumlah gabah isi per malai, JGH: jumlah gabah hampa per malai, JGT: jumlah gabah total per malai, PH: persentase gabah hampa

Jumlah gabah hampa juga dipengaruhi oleh perlakuan kekeringan. Pengurangan pengisian butir terjadi karena pengurangan partisi asimilat dan aktivitas enzim sintesis sukrosa dan pati [26]. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa perlakuan kekeringan dapat meningkatkan jumlah gabah hampa dan persentase gabah hampanya. Sterilitas gabah normal terjadi pada tanaman yang tercekam kekeringan [27]. Fertilitas gabah merupakan salah satu karakter yang dapat digunakan untuk skrining genotipe pada cekaman kekeringan [28]. Sementara itu, banyaknya gabah hampa tanaman padi pada kondisi kekeringan fase vegetatif adalah keterlambatan berbunga sehingga menyebabkan fase pengisian bulir semakin pendek [29]. Keterlambatan pembungaan dalam kondisi stres dikaitkan dengan gangguan nyata dalam pertumbuhan bunga ketika stres muncul selama pembentukan malai dan meiosis serbuk sari [17]. Namun demikian, ketika stres muncul sekitar 5-10 hari sebelum pembungaan, pembungaan umumnya melambat karena pemanjangan jaringan penyangga dan malai yang lebih lambat.

Bobot kering tajuk genotipe Salumpikit pada kondisi kontrol tidak berbeda nyata dengan Situgintung, namun berbeda nyata dengan IR20 (Tabel 4). Pada cekaman kekeringan, bobot kering tajuk Salumpikit (7,96 g) lebih tinggi jika dibandingkan dengan IR20 (5,93 g), namun tidak berbeda nyata dengan genotipe Situgintung (7,10 g). Peubah jumlah anakan, genotipe IR20 lebih banyak dan berbeda nyata dengan kedua genotipe lainnya pada kondisi kontrol. Pada kondisi kekeringan, ditemukan bahwa penurunan jumlah anakan IR20 lebih besar jika dibandingkan dengan Situgintung dan Salumpikit. Kemampuan pembentukan anakan akan terganggu dengan adanya cekaman kekeringan fase vegetatif. Perbedaan respons morfologis pada kondisi kekeringan antara tiap jenis padi dapat dikaitkan dengan perbedaan respon anakan terhadap penyiraman kembali setelah kekeringan [30]. Dinamika anakan pada spesies rumput ditentukan terutama oleh phyllochron (interval munculnya daun), yang berfungsi sebagai 'pemacu' produksi anakan daun dan tunas [31].

Tabel 4. Bobot kering tajuk, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, bobot 100 butir dan bobot gabah tiga varietas padi pada kondisi kontrol dan kekeringan

Peubah	Perlakuan	Situgintung	IR20	Salumpikit	CV (%)
Bobot kering tajuk (g)	kontrol	11,13a	6,99bc	11,34a	10,28
	Kering	7,10bc	5,93c	7,96b	
Anakan total	kontrol	3,78bc	6,95a	4,35b	14,86
	Kering	2,67cd	2,00d	3,12cd	
Anakan produktif	kontrol	2,83b	4,85a	3,48b	18,76
	Kering	2,00c	2,00c	2,96b	
Bobot 100 butir (g)	kontrol	2,70a	1,68c	2,46b	2,62
	Kering	2,52b	1,46d	2,43b	
Bobot gabah (g)	kontrol	7,64ab	7,98a	6,73ab	18,35
	Kering	4,25c	2,25d	5,98b	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Bobot 100 butir padi Situgintung (2,70 g) pada kondisi kontrol paling tinggi dan berbeda nyata jika dibandingkan dengan Salumpikit (2,46 g), sementara IR20 mempunyai 100 butir yang paling rendah (1,68 g). Pada kondisi kekeringan, bobot 100 butir salumpikit tidak berbeda nyata dengan kondisi kontrolnya, sedangkan pada genotipe Situgintung dan IR20 menurun setelah mengalami kekeringan. Hal yang sama diteliti bahwa cekaman kekeringan dapat mengurangi rata-rata bobot 100 butir padi [32].

Hasil panen padi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Hasil gabah merupakan sifat penting yang umumnya dianggap sebagai kriteria seleksi untuk toleransi kekeringan. Bobot gabah per tanaman pada kondisi kontrol genotipe Situgintung (7,64 g) menurun ketika terjadi cekaman kekeringan (4,25 g). Penurunan ini terjadi juga pada IR20, namun penurunannya lebih tinggi yaitu dari 7,98 g pada kondisi kontrol turun menjadi 2,25 g pada kondisi kekeringan. Sedangkan pada Salumpikit (cek toleran) tidak berbeda nyata antara kondisi kontrol (6,73 g) dan kekeringan (5,98 g). Dari hasil ini dapat dilihat bahwa genotipe yang toleran terhadap kekeringan mampu mengurangi efek negatif dari kekeringan terbukti dengan mempertahankan hasil panen yang tidak turun drastis. Hasil yang sama ditunjukkan bahwa genotipe toleran hanya mengalami penurunan bobot gabah yang lebih kecil jika dibandingkan dengan genotipe peka kekeringan [33]. Genotipe toleran terhadap cekaman air karena peningkatan kandungan H_2O_2 dan MDA yang lebih rendah seiring dengan peningkatan aktivitas enzim antioksidan yang lebih tinggi [34]. Genotipe peka mengakumulasi lebih sedikit prolin

dibandingkan dengan yang toleran. Prolin berkontribusi sebagai osmoregulasi untuk toleransi kekeringan yang lebih tinggi karena genotipe toleran kekeringan ditemukan kandungan relatif air yang lebih baik [35]. Selain itu, akumulasi prolin yang tinggi juga diketahui dapat melindungi efisiensi fotokimia PSII [36] yang selanjutnya mencegah peroksidasi lipid [37].

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan jika dibandingkan dengan IR20, Situgintung mampu mengurangi dampak negatif dari kondisi kekurangan air dengan cara mengurangi kerusakan klorofil dan mengurangi penurunan jumlah anakan. Penurunan bobot gabah per malai Situgintung pada kondisi kekeringan lebih kecil daripada IR20 namun lebih besar daripada Salumpikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Penulis ucapkan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertanian dan Pusat Riset dan Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi, Organisasi Riset Teknologi Nuklir BRIN, serta IAEA (*International Atomic Energy Agency*) yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, *Pengeluaran untuk konsumsi penduduk Indonesia*, 2020.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2019*, vol. 1,

- no. 1, 2020.
- [3] L. Munawaroh, E. Sulistyono and I. Lubis, “Karakter morfologi dan fisiologi yang berkaitan dengan efisiensi pemakaian air pada beberapa varietas padi Gogo”, *J. Agron. Indones. (Indonesian J. Agron., vol. 44, no. 1, p. 1, 2016.*
- [4] M. Pharmawati and L. P. Wrasiasi, “Morpho-physiological and genetic responses of bali local rice cultivars to drought stress at seedling stage”, *Online J. Biol. Sci., vol. 18, no. 1, pp. 101–107, 2018.*
- [5] N. Kartina dkk., “Skrining awal toleransi galur-galur dihaploid padi gogo terhadap cekaman kekeringan pada stadia bibit”, *J. Agron. Indones. (Indonesian J. Agron., vol. 47, no. 1, p. 1, 2019.*
- [6] M.R. Akbar dkk., “Penentuan indeks seleksi toleransi kekeringan galur dihaploid padi sawah tadah hujan pada fase perkecambahan”, *J. Agron. Indones., vol. 46, no. 2, pp. 133–139, 2018.*
- [7] A.A. Lone *et al.*, “Drought stress tolerance screening of elite American breeding rice genotypes using low-cost pre-fabricated mini-hoop modules”, *Agronomy, vol. 9, no. 4, 2019.*
- [8] S. Yousfi *et al.*, “Gene expression and physiological responses to salinity and water stress of contrasting durum wheat genotypes”, *J. Integr. Plant Biol., vol. 58, no. 1, pp. 48–66, 2016.*
- [9] S.S. Mishra and D. Panda, “Leaf traits and antioxidant defense for drought tolerance during early growth stage in some popular traditional rice landraces from Koraput , India”, *Rice Sci., vol. 24, no. 4, pp. 207–217, 2017.*
- [10] S. Nahar, L. Sahoo and B. Tanti, “Screening of drought tolerant rice through morpho-physiological and biochemical approaches”, *Biocatal. Agric. Biotechnol., vol. 15, no. August 2017, pp. 150–159, 2018.*
- [11] [International Rice Research Institute] IRRI, *Standart Evaluation System for Rice (SES)*. 2002.
- [12] D.A. Sims and J.A. Gamon, “Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages”, *Remote Sens. Environ., vol. 81, no. 2–3, pp. 337–354, 2002.*
- [13] P. Yadava dkk., “Physiological and Biochemical Effects of 24-Epibrassinolide on Heat-Stress Adaptation in Maize (<i>Zea mays</i> L.)”, *Nat. Sci., vol. 08, no. 04, pp. 171–179, 2016.*
- [14] M. Mihara, M. Uchiyama and K. Fukuzawa, “Thiobarbituric acid value on fresh homogenate of rat as a parameter of lipid peroxidation in aging, CCl₄ intoxication, and vitamin E deficiency”, *Biochem. Med., vol. 23, no. 3, pp. 302–311, 1980.*
- [15] L.S. Bates, R.P. Waldren and I.T. Teare, “Rapid determination of free proline for water-stress studies”, *Plant Soil, vol. 39, no. 1, pp. 205–207, 1973.*
- [16] F. Khan *et al.*, “Physiological performance of two contrasting rice varieties under water stress”, *Physiol. Mol. Biol. Plants, vol. 23, no. 1, pp. 85–97, 2017.*
- [17] S. Afzal *et al.*, “A comparative screening of abiotic stress tolerance in early flowering rice mutants”, *J. Biotechnol., vol. 302, no. June, pp. 112–122, 2019.*
- [18] Q. Xiong *et al.*, “Comprehensive metabolomic and proteomic analysis in biochemical metabolic pathways of rice spikes under drought and submergence stress”, *Biochim. Biophys. Acta - Proteins Proteomics, vol. 1867, no. 3, pp. 237–247, 2019.*
- [19] E. Harrison *et al.*, “Rice with reduced stomatal density conserves water and has improved drought tolerance under future climate conditions”, *New Phytol., vol. 221, no. 1, 2019.*

- [20] Maisura *et al.*, “Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system”, *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.*, 2014.
- [21] X. Wang *et al.*, “Root distribution and its impacts on the drought tolerance capacity of hybrid rice in the Sichuan Basin area of China”, *Agronomy*, vol. 9, no. 2, 2019.
- [22] A. Anupama *et al.*, “Plant physiology and biochemistry assessing the correlation of genotypic and phenotypic responses of indica rice varieties under drought stress”, *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 127, no. April, pp. 343–354, 2018.
- [23] N.A.M. Zain *et al.*, “Alleviation of water stress effects on mr220 rice by application of periodical water stress and potassium fertilization”, *Molecules*, vol. 19, no. 2, pp. 1795–1819, Feb. 2014.
- [24] N. Shukla *et al.*, “Biochemical and physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* under drought stress”, *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 54, pp. 78–88, 2012.
- [25] S. A. Nio, M. Pirade and D.P.M. Ludong, “Leaf chlorophyll content in North Sulawesi (Indonesia) local rice cultivars subjected to polyethylene glycol (PEG) 8000-induced water deficit at the vegetative phase”, *Biodiversitas*, vol. 20, no. 9, pp. 2462–2467, 2019.
- [26] R. Kumar, “Development of drought resistance in rice”, *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 7, no. 05, pp. 1439–1456, 2018.
- [27] I.N. Alou *et al.*, “Growth, phenological, and yield response of upland rice (*Oryza sativa* L. cv. Nerica 4®) to water stress during different growth stages”, *Agric. Water Manag.*, vol. 198, pp. 39–52, 2018.
- [28] S. Kumar *et al.*, “Identification of drought tolerant rice genotypes by analysing drought tolerance indices and morpho-physiological traits”, *Sabrao J. Breed. Genet.*, vol. 46, no. 2, pp. 217–230, 2014.
- [29] S. Afrianingsih, U. Susanto, and N.R. Ardiarini, “Toleransi genotipe padi (*Oryza sativa* L.) pada fase vegetatif dan fase generatif terhadap cekaman kekeringan”, *J. Produksi Tanam.*, vol. 6, no. 3, pp. 355–363, 2018.
- [30] M. Okami *et al.*, “Morphological traits associated with vegetative growth of rice (*Oryza sativa* L.) during the recovery phase after early-season drought”, *Eur. J. Agron.*, vol. 64, pp. 58–66, 2015.
- [31] K. Nemoto, S. Morita and T. Baba, “Shoot and root development in rice related to the phyllochron”, *Crop Sci.*, vol. 35, no. 1, pp. 24–29, 1995.
- [32] L. Sharma *et al.*, “Auxin protects spikelet fertility and grain yield under drought and heat stresses in rice”, *Environ. Exp. Bot.*, vol. 150, no. February, pp. 9–24, 2018.
- [33] A. Shereen *et al.*, “Water deficit induced physiological and yield responses in *Oryza sativa* L.”, *Pakistan J. Bot.*, vol. 49, no. Special Issue, pp. 1–6, 2017.
- [34] H.R. Moussa and S.M.A. Aziz, “Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress”, *Aust. J. Crop Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–36, 2008.
- [35] Y.C.F. Salsinha *et al.*, “Selection of drought-tolerant local rice cultivars from East Nusa Tenggara, Indonesia during vegetative stage”, *Biodiversitas*, vol. 21, no. 1, pp. 170–178, 2020.
- [36] S. Fahad *et al.*, “Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options”, *Front. Plant Sci.*, vol. 8, no. June, pp. 1–16, 2017.
- [37] M. H. Fendiyanto *et al.*, “Correlation among Snpb11 markers, root growth, and physiological characters of upland rice under aluminum stress”, *Biodiversitas*, vol. 20, no. 5, pp. 1243–1254, 2019.

