

Dampak Suhu Tinggi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi

Effect of High-Temperature Conditions to Rice Growing and Yield

Usamah Jaisyurahman¹, Desta Wirnas^{2*}, Trikoesoemaningtyas², dan Heni Purnamawati²

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

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 17 Januari 2019/Disetujui 15 Oktober 2019

ABSTRACT

Global warming becomes a pressure in food production sustainability because it affected crop growth and development. The purpose of this study was to obtain information on the effect of high-temperature stress on the growth and development phase of rice and to evaluate the genotype for tolerance to high-temperature stress. Two environment conditions were used in the field and greenhouse of IPB Cikabayan experimental field, IPB University from August 2016 until February 2017. The study used varieties of IPB 4S, IPB 6R, Mekongga, and Situ Patenggang. High-temperature treatment was done by transferring the rice plants to the greenhouse at 50 days after transplanting. Observations were made on the generative phase in two different environmental conditions. The results showed that the total tillers number, filled grain number per panicle, unfilled grain number per panicle, total grain number per panicle, grain filling rate, percentage of filled grain and filled grain weight per plant had different responses among rice genotypes due to high-temperature stress. High-temperature decreased pollen fertility in all genotypes, which classified IPB 4S as a sensitive genotype and Mekongga as a tolerant genotype. This information could be useful for development and improving rice variety to anticipate high-temperature stress.

Keywords: Climate change, fertility, pollen, stress tolerance index

ABSTRAK

Pemanasan global merupakan salah satu ancaman bagi keberlanjutan produksi pangan karena suhu yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan informasi pengaruh cekaman suhu tinggi pada fase generatif tanaman padi dan mengevaluasi varietas yang memiliki toleransi terhadap cekaman suhu tinggi berdasarkan tingkat fertilitas polen. Penelitian menggunakan dua lingkungan, yaitu kondisi lapang dan rumah kaca yang berlokasi di kebun percobaan Cikabayan IPB, Bogor dari bulan Agustus 2016 hingga Februari 2017. Penelitian menggunakan varietas IPB 4S, IPB 6R, Mekongga, dan Situ patenggang. Cekaman suhu tinggi diberikan dengan memindahkan tanaman ke dalam rumah ketika berumur 50 hari setelah tanam hingga panen. Pengamatan dilakukan pada fase generatif tanaman pada dua kondisi lingkungan yang berbeda. Penelitian dilakukan berdasarkan rancangan kelompok lengkap teracak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter jumlah anakan total, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, jumlah gabah total per malai, laju pengisian biji, persentase gabah isi, dan bobot gabah total/tanaman mengalami gangguan akibat cekaman suhu tinggi. Suhu tinggi menurunkan fertilitas polen pada keseluruhan genotipe yang diuji. Genotipe IPB 4S merupakan genotipe sensitif terhadap cekaman suhu tinggi. Hasil Penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan pengembangan varietas untuk mengatasi cekaman suhu tinggi.

Kata kunci: Fertilitas, indeks toleransi cekaman, perubahan iklim, polen

PENDAHULUAN

Suhu permukaan bumi menunjukkan kecenderungan peningkatan secara linear sebesar 0.85 °C pada periode tahun 1880-2012 dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan sebesar 2.5-5.8 °C pada akhir abad 21

(IPCC, 2014). Indonesia sebagai salah satu negara tropis diperkirakan akan mengalami dampak akibat peningkatan suhu global (Sopandie, 2014).

Padi cenderung toleran terhadap suhu tinggi pada fase vegetatif, namun sensitif pada fase generatif (Tenorio *et al.*, 2013). Paparan suhu tinggi pada fase sebelum dan selama pembungaan akan menurunkan fertilitas polen pada tanaman. Paparan suhu tinggi ≥ 33.7 °C selama 1 jam pada saat anthesis dapat menurunkan fertilitas pada

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: dwirnas@gmail.com

spikelet padi (Jagadish *et al.*, 2007). Suhu tinggi pada pembungaan dapat menyebabkan sterilitas polen sehingga terjadi penurunan hasil padi (Hakata *et al.*, 2017; Yaliang *et al.*, 2019). Cekaman suhu tinggi pada saat fase pengisian biji mengakibatkan pengapuran pada bulir padi akibat dari peningkatan α -amilase yang dapat menghidrolisis pati (Suriyasak *et al.*, 2017).

Penanaman varietas unggul toleran terhadap cekaman suhu tinggi merupakan satu-satunya cara untuk mencegah penurunan produktivitas padi akibat dampak perubahan iklim tersebut. Penelitian tentang dampak suhu tinggi di Indonesia, khususnya padi, belum banyak dilaporkan karena variasi suhu hanya terjadi antara siang dan malam di daerah yang letaknya tepat di ekuator, seperti Indonesia tidak terlalu kentara, sehingga penelitian tentang dampak suhu tinggi maupun pemuliaannya masih belum menjadi prioritas. Namun demikian, mengingat kenaikan suhu yang terus terjadi, persoalan ini akan berdampak serius terhadap produksi pertanian. Kenaikan suhu yang berdampak terhadap penurunan produktivitas telah dilaporkan oleh Nurhayanti dan Nugroho (2016). Peng *et al.* (2004) melaporkan bahwa terjadi penurunan hasil pada sebesar 10% setiap peningkatan suhu sebesar 1 °C. Wirnas *et al.* (2015) telah melakukan uji toleransi terhadap suhu tinggi pada varietas lokal dan unggul baru, namun hanya menginformasikan pertumbuhan dan hasil gabah. Sejauh ini belum banyak informasi untuk sterilitas polen pada kondisi suhu tinggi untuk varietas padi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman suhu tinggi pada fase generatif terhadap beberapa varietas padi dan melakukan evaluasi varietas padi yang toleran terhadap kondisi tercekam suhu tinggi dari segi pertumbuhan dan hasil dihubungkan dengan tingkat fertilitas polen.

BAHAN DAN METODE

Percobaan Lapangan

Percobaan lapang dilakukan di Rumah kaca dan di lapang Kebun Percobaan Cikabayan, Institut Pertanian Bogor, sedangkan pengamatan fertilitas polen dilakukan di laboratorium *Micro-technique* Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016 hingga bulan Februari 2017. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) tersarang pada lingkungan. Bahan tanaman yang digunakan adalah varietas IPB 4S, IPB 6R, dan Mekongga (padi sawah), dan Situ Patenggang (padi gogo) sebanyak 15 ulangan dalam masing-masing lingkungan. Satu satuan percobaan terdiri dari satu pot. Tanaman ditanam pada 29 September 2016 dan dipindahkan ke dalam rumah kaca pada umur 50 hari setelah tanam (HST).

Benih dari varietas yang digunakan disemai menggunakan bak plastik selama 14 hari kemudian dipindahkan ke dalam pot ukuran 5 kg berisi campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1. Seluruh tanaman dari awal penanaman hingga fase vegetatif

maksimum atau 50 HST di lantai jemur. Perlakuan terdiri dari dua, yaitu suhu di lantai jemur (T1) dan suhu tinggi di dalam rumah kaca (T2). Perlakuan T2 diberikan dengan memindahkan tanaman ke dalam rumah kaca setelah memasuki perkembangan generatif sampai panen. Tanaman yang mendapat perlakuan T1 tetap dibiarkan di lantai jemur hingga pemanenan. Kondisi suhu selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tanaman dipupuk menggunakan Urea, SP36, dan KCl dengan dosis masing-masing 0.3125, 0.500, dan 0.125 g per pot. Pengendalian gulma dilakukan dengan mencabutnya secara manual. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai dengan tingkat serangan. Pengairan diberikan secara periodik dengan mempertahankan ketinggian setinggi 5 cm. Pemanenan gabah dilakukan pada saat 80% malai telah menguning. Pemanenan dilakukan dengan memotong batang padi bagian atas kemudian dimasukkan ke dalam amplop malai dikeringkan selama 2-3 hari di dalam rumah kaca.

Pengamatan Komponen Agronomi dan Morfologi

Pengamatan dilakukan terhadap komponen agronomi dan komponen hasil dan hasil gabah, yang meliputi: tinggi tanaman saat panen, jumlah anakan total dan anakan produktif, umur berbunga (20% malai berbunga), umur panen (80% malai telah menguning), periode pengisian biji, laju pengisian biji, panjang malai, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, jumlah gabah total per tanaman, persentase gabah isi, bobot 100 butir, bobot gabah isi per tanaman. Periode pengisian biji adalah selisih umur panen dan umur berbunga, sedangkan laju bobot gabah bernas dibagi dengan periode pengisian biji.

Pengamatan fertilitas polen dilakukan menggunakan pewarnaan larutan I₂KI 1% di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x. Kotak sari yang diambil adalah bagian distal dengan waktu pengambilan dilakukan pada jam 06.00 – 08.00 saat fase pra-anthesis.

Masing-masing kotak sari tiap sampel ditempatkan pada *deck glass* kemudian diketuk-ketuk hingga halus kemudian ditetesi dengan larutan I₂KI 1%. Seluruh sampel diinkubasi ke dalam kotak plastik berisi kertas *tissue* yang telah dibasahi dengan air sebelumnya selama 1 jam kemudian diamati pada mikroskop. Pengamatan memiliki 3 ulangan, dan masing-masing ulangan dibagi ke 3 *deck glass* yang berbeda, sehingga tiap ulangan memiliki 9 sub-ulangan. Pengamatan yang dilakukan terhadap polen meliputi warna polen, yaitu polen yang fertil memiliki warna hitam penuh (90-100%) dan persentase polen fertil.

Analisis Statistik

Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan uji F. Uji lanjut uji BNT (beda nyata terkecil) pada taraf 5% untuk data yang menunjukkan perbedaan yang nyata di antara perlakuan. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software* STAR-IRRI. $STI = \frac{Yp.Ys}{(Xp)^2}$

Yp = hasil pada kondisi tanpa cekaman, Ys = hasil pada kondisi tercekam suhu tinggi, dan Xp = rata-rata hasil seluruh genotipe pada kondisi tanpa cekaman (Fernandez 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Tumbuh

Kondisi suhu selama penelitian terdapat pada Tabel 1. Rata-rata suhu maksimal (suhu pada siang hari) adalah 37.90 °C dan 42.12 °C, sedangkan rata-rata suhu minimal adalah 22.67 °C dan 23.32 °C masing-masing untuk suhu di lantai jemur (T1) dan rumah kaca (T2). Suhu rumah kaca lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di lantai jemur. Rata-rata suhu maksimal di lantai jemur dan rumah kaca sudah melebihi suhu optimal untuk pertumbuhan padi (Wahid *et al.*, 2007).

Keragaan Morfologi Tanaman di Rumah Kaca dan Lapang

Hasil anova gabungan menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh nyata terhadap semua karakter yang diamati. Beberapa karakter dipengaruhi oleh kondisi suhu dan interaksi antara genotipe dan suhu. Keragaan karakter yang tidak dipengaruhi interaksi antara kondisi suhu dan genotipe terdapat pada Tabel 2, sedangkan karakter yang dipengaruhi oleh interaksi terdapat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tinggi tanaman saat panen, umur anthesis, umur panen, periode pengisian biji, panjang malai, dan bobot seratus butir tidak berbeda antara galur yang ditanam di lantai jemur dan rumah kaca. Hal ini diduga karena saat 50 HST pertumbuhan tanaman sudah mencapai hampir maksimum sehingga pertumbuhan tidak bertambah lagi setelah dipindahkan ke

rumah kaca. Walaupun tidak dipengaruhi G×E, pengaruh genotipe terlihat nyata. Mekongga adalah genotipe dengan tinggi tanaman terpendek di antara genotipe yang diuji.

Jumlah anakan total per malai yang dimiliki oleh IPB 4S maupun Situ Patenggang tidak berbeda nyata pada dua lingkungan. Terjadi peningkatan jumlah anakan total genotipe IPB 6R dan Mekongga yang ditanam rumah kaca (Tabel 4).

Keragaan Fertilitas Polen

Sterilitas gabah pada varietas padi Indica diinduksi ketika terkena suhu tinggi sebelum dan saat bunga mekar. Hal ini mengakibatkan berkurangnya jumlah serbuk sari viabel yang jatuh pada stigma sehingga menyebabkan gabah tidak terisi penuh hingga menjadi hampa. Penelitian yang dilakukan oleh Saputro dan Khamid (2016) menunjukkan bahwa persentase jumlah serbuk sari yang mampu menyerbuki stigma pada suhu di bawah 32 °C mencapai 90%, sedangkan suhu di atas 33 °C dapat menurunkan persentase polen mencapai kurang dari 80%.

Pewarnaan polen dilakukan menggunakan larutan Iodine Kalium Iodide (I₂KI) 1%. I₂KI merupakan senyawa yang sering dipakai untuk mendeteksi kandungan gula/pati pada padi. Pati berperan dalam menunjang serbuk sari sehingga diasumsikan semakin tinggi kandungan pati dalam polen, semakin tinggi viabilitas polen. Apabila polen viabel, maka akan terwarnai menjadi ungu kehitaman dan non viabel menjadi transparan atau tidak terwarnai (Purnamasari *et al.*, 2015).

Suhu di atas 35 °C mempengaruhi ekstrusi malai, periode pembungaan, dan jumlah spikelet yang membuka pada saat anthesis. Pada suhu tersebut, terjadi pengurangan yang signifikan pada fertilitas polen dan serbuk sari yang

Tabel 1. Suhu maksimum, minimum dan suhu rata-rata di lantai jemur (T1) dan rumah kaca (T2)

Suhu (°C)	Oktober	November	Desember	Januari	Rata-rata
T1 Maksimal	40.72	39.72	38.31	36.85	38.89
T1 Minimal	22.85	22.55	22.51	22.78	22.67
T1 Rata-rata	31.79	31.14	30.41	29.81	30.78
T2 Maksimal			42.17	42.07	41.62
T2 Minimal	-	-	23.17	23.48	23.32
T2 Rata-rata			32.67	32.77	32.72

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman panen (TTP), jumlah anakan produktif (JAP), umur anthesis (UA), umur panen (UP), periode pengisian biji (PPB), panjang malai (PM), dan bobot 100 butir (BSB) empat genotipe padi

Genotipe	TTP (cm)	JAP	UA (HST)	UP (HST)	PPB (hari)	PM (cm)	BSB (g)
IPB 4S	121.59a	21.55c	80.05b	110.36c	30.32c	27.64a	2.19a
IPB 6R	122.82a	19.77c	87.95a	117.09a	27.68c	28.08a	1.91b
Mekongga	83.59c	31.18b	73.91c	114.05b	40.14a	18.24c	1.95b
Situ Patenggang	101.32b	40.82a	79.45b	113.77b	34.82b	24.94b	2.23a

Keterangan: Angka yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji BNT pada $\alpha = 5\%$

menyerbuki stigma. Suhu tinggi lebih mempengaruhi penurunan fertilitas polen padi sawah dibandingkan dengan padi gogo (Das *et al.*, 2014).

Penyerbukan butir polen yang cukup pada stigma sangat menunjang bagi persentase pembentukan biji dan tergantung pada faktor genetiknya (Saputro & Khamid, 2016). Berdasarkan hasil pengujian terhadap fertilitas polen diketahui bahwa suhu yang lebih tinggi menurunkan fertilitas polen pada seluruh genotipe yang diamati. Fertilitas polen sangat menentukan tingkat kehampaan pada padi sehingga fertilitas polen dapat dijadikan salah satu indikasi toleransi terhadap suhu tinggi selain hasil.

Genotipe Mekongga diklasifikasikan sebagai genotipe toleran karena memiliki penurunan fertilitas polen paling rendah pada dua lingkungan, yaitu sebesar 12.61%, sedangkan IPB 4S diklasifikasikan sebagai genotipe sensitif dengan penurunan fertilitas polen sebesar 30%. Berdasarkan nilai STI, Mekongga merupakan genotipe paling toleran diikuti oleh Situ Patenggang, IPB6R, dan IPB 4S (Tabel 3).

Penurunan fertilitas polen akibat cekaman suhu tinggi disebabkan karena terganggunya fungsi pada tapetum yang bekerja dalam pecahnya antera serta perkecambahan polen pada stigma. Selain itu, penurunan fertilitas polen dapat juga diakibatkan karena berkurangnya serapan zat besi oleh tabung polen atau mikrospora (Endo *et al.*, 2009; Jagadish *et al.*, 2010). Protein dan viabilitas polen mengalami penurunan pada saat kondisi tercekam. Sel membran yang terdiri dari protein dan lipid menjadi rusak akibat suhu tinggi, sehingga menyebabkan perubahan pada struktur dan integritas membran yang secara signifikan mengurangi viabilitas polen padi (Das *et al.*, 2014).

Keragaan Hasil dan Komponen Hasil Rumah Kaca dan Lapang

Karakter jumlah anakan produktif tidak dipengaruhi oleh interaksi genotipe dan lingkungan. Mekongga memiliki anakan produktifnya cukup banyak dan memiliki periode pengisian biji yang terpanjang. Situ Patenggang memiliki jumlah anakan produktif terbanyak di antara genotipe yang diuji (Tabel 2).

Galur-galur yang diuji dalam penelitian memiliki jumlah anakan produktif yang sangat banyak, yaitu antara 19-41 anakan per rumpun, namun secara visual terlihat bermalai pendek. Hal ini juga dilaporkan oleh beberapa peneliti padi sawah. Sutoro *et al.* (2015) menyatakan bahwa dalam budidaya padi sawah rata-rata jumlah anakan berkisar antara 20-50 anakan/rumpun. Aghamolki *et al.*

(2014) menyatakan bahwa suhu tinggi menyebabkan anakan yang dihasilkan menjadi lebih banyak sebagai mekanisme adaptasi untuk menurunkan suhu udara di sekitar tanaman.

Jumlah gabah isi per malai merupakan salah satu indikator suatu genotipe toleran terhadap cekaman suhu tinggi. Fertilitas gabah pada varietas padi Indica diinduksi ketika terkena suhu tinggi sebelum dan saat bunga mekar. Hal ini mengakibatkan berkurangnya jumlah serbuk sari yang jatuh pada stigma sehingga menyebabkan gabah tidak terisi penuh maupun gabah menjadi hampa (Satake dan Yoshida 1978). Suhu >35 °C pada saat anthesis selama 5 hari meningkatkan kehampaan pada padi (Jagadish *et al.*, 2007). Seluruh genotipe yang ditanam di rumah kaca cenderung mengalami penurunan jumlah gabah yang dimiliki, kecuali pada genotipe Mekongga (Tabel 4). Jumlah gabah isi yang tidak berbeda nyata pada genotipe Mekongga merupakan salah satu indikasi suatu genotipe tersebut toleran terhadap cekaman suhu tinggi. Toleransi didefinisikan dengan kemampuan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang serta mempertahankan hasil dengan baik pada kondisi tercekam (Yullianida *et al.*, 2014).

Jumlah gabah hampa per malai pada genotipe yang ditanam di rumah kaca cenderung mengalami penurunan, namun penurunan tersebut diikuti pula oleh penurunan dari jumlah gabah total per malai. Penurunan gabah secara signifikan terdapat pada genotipe IPB 4S, yaitu yang ditanam di lantai jemur berjumlah 252.4 berkurang menjadi 114.71 apabila ditanam di rumah kaca (Tabel 4). Menurut Sakata *et al.* (2010), pada kondisi cekaman suhu tinggi, kadar auksin endogen mengalami penurunan dan ekspresi gen biosintesis YUCCA auksin menjadi terhambat. Hal tersebut menyebabkan aborsi pada saat pembentukan polen, sehingga penyerbukan terganggu dan kehampaan pada gabah meningkat.

Laju dan kecepatan pengisian biji dipengaruhi oleh perubahan suhu dan lingkungan selama pertumbuhan. Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan laju pengisian asimilat ke gabah menurun, sementara intensitas penyinaran yang rendah dapat menurunkan laju pengisian gabah (Krisnawati & Sugiono, 2016). Menurut Dias dan Lidon (2010), suhu tinggi pada saat fase reproduktif menyebabkan laju pengisian biji menjadi lebih cepat yang menyebabkan berkurangnya asimilat pada gabah, sehingga menyebabkan bobot gabah isi per tanaman yang dimiliki menjadi lebih rendah. Cekaman suhu tinggi pada fase *pre-silking* dan *silking* pada jagung menyebabkan terganggunya pengisian biji dan menurunkan hasil secara nyata (Zhang *et al.*, 2013).

Tabel 3. Persentase fertilitas polen empat genotipe padi pada kondisi suhu di lantai jemur dan rumah kaca

Genotipe	Fertilitas polen pada kondisi suhu di lantai jemur (T1)	Fertilitas polen pada kondisi suhu di rumah kaca (T2)	<i>Stress tolerance index</i> (STI)
IPB 4S	77.84	47.84	0.61
IPB 6R	68.42	51.98	0.76
Mekongga	77.36	61.00	0.79
Situ patenggang	73.71	56.48	0.77

Tabel 4. Dwi arah karakter jumlah anakan total, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, dan jumlah gabah total per malai

Genotipe	Jumlah anakan total		Jumlah gabah isi per malai		Jumlah gabah hampa per malai		Jumlah gabah total per malai	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
IPB 4S	25.73bc	25.18b	136.89a	58.56b	115.51a	56.15b	252.40a	114.71c
IPB 6R	21.91c	24.27b	77.51b	57.24b	114.49a	113.27a	192.00b	170.51b
Mekongga	29.73b	44.82a	45.85c	68.36b	29.69c	16.04c	75.55d	84.40cd
Situ patenggang	42.36a	50.27a	82.11b	55.25b	61.33b	46.09b	143.44c	101.35c

Keterangan: T1 = Lingkungan tumbuh di lantai jemur; T2 = Lingkungan tumbuh di rumah kaca. Angka berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji BNT pada $\alpha = 5\%$

Terjadi penurunan laju pengisian biji pada genotipe IPB 4S dan IPB 6R masing-masing berturut-turut sebesar 0.73 g per hari dan 0.5 g per hari. Genotipe Mekongga maupun Situ patenggang menunjukkan perbedaan yg tidak nyata pada dua lingkungan pengujian (Tabel 5).

Persentase gabah isi pada kondisi tercekam ringan cenderung sama, yaitu berkisar antara 53.6% pada genotipe IPB 4S hingga 59.66% pada genotipe Mekongga, genotipe dengan persentase gabah isi terendah adalah IPB 6R dengan persentase 39.06%. Genotipe Mekongga mengalami peningkatan persentase gabah isi apabila ditanam di rumah kaca, yaitu meningkat sebesar 22.94% (Tabel 5). Peningkatan persentase pada genotipe Mekongga disebabkan karena terjadi peningkatan jumlah gabah isi per malai pada kondisi tercekam suhu tinggi disertai dengan penurunan jumlah gabah hampa per malai.

Menurut Wahid *et al.* (2007), pada kondisi tercekam suhu tinggi berpengaruh pada proses fertilisasi maupun pascafertilisasi yang dapat menurunkan bobot gabah isi per tanaman. Cekaman suhu tinggi dapat mengganggu sintesis pati yang menyebabkan akumulasi pati berkurang pada saat pemasakan. Suhu tinggi pada saat pemasakan menyebabkan bulir padi menjadi berkapur dan menurunkan hasil secara signifikan (Arshad *et al.*, 2017; Priya dan Neerja, 2017). Terjadi penurunan yang cukup signifikan pada genotipe IPB 4S dan IPB 6R terhadap bobot gabah isi per tanaman yang ditanam pada rumah kaca, sedangkan genotipe Mekongga

dan Situ Patenggang memiliki nilai yang tidak berbeda nyata pada kedua lingkungan (Tabel 5).

Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Cao *et al.* (2009), yang menyatakan cekaman suhu tinggi pada suhu 35-40 °C menyebabkan seluruh genotipe yang diamati mengalami penurunan hasil. Varietas peka Shuanggui 1 mengalami penurunan hasil paling tinggi, yaitu berkisar 35.3-39.5%, sedangkan varietas toleran Huanghuazan mengalami penurunan hasil paling rendah 21.7-24.5%.

Genotipe toleran adalah genotipe yang mampu mempertahankan pertumbuhan dan perkembangannya pada kondisi tercekam. Menurut Fernandez (1992), suatu genotipe toleran dapat memiliki hasil yang tidak berbeda pada optimum dan lingkungan bercekaman, namun dapat juga memiliki hasil yang lebih tinggi pada kondisi lingkungan bercekaman.

Dalam penelitian diketahui bahwa Mekongga merupakan genotipe memiliki persentase gabah isi dan bobot gabah total per tanaman lebih tinggi pada kondisi suhu yang lebih tinggi. Genotipe Situ Patenggang memiliki persentase gabah isi dan bobot gabah total per tanaman seragam pada kondisi suhu di lantai jemur dan rumah kaca. Genotipe Mekongga dan Situ Patenggang merupakan genotipe toleran. Hal ini diduga karena keterlibatan gen-gen yang mengendalikan daya adaptasi terhadap cekaman suhu tinggi pada genotipe Mekongga dan Situ Patenggang.

Tabel 5. Dwi arah karakter jumlah anakan total, laju pengisian biji, persentase gabah isi, dan bobot gabah total per tanaman

Genotipe	Laju pengisian biji (g per hari)		Persentase gabah isi (%)		Bobot gabah total per tanaman (g)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
IPB 4S	1.36a	0.63b	53.60b	49.58b	42.32a	19.38bc
IPB 6R	0.89a	0.49b	39.06c	33.28c	24.40b	12.33c
Mekongga	0.58b	0.62b	59.66b	82.60a	21.42b	26.05b
Situ patenggang	0.81b	0.56b	54.56b	54.49b	26.25b	20.05bc

Keterangan: T1 = Lingkungan tumbuh di lantai jemur; T2 = Lingkungan tumbuh di rumah kaca. Angka berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata menurut uji BNT pada $\alpha = 5\%$

KESIMPULAN

Suhu yang lebih tinggi setelah fase generatif memberikan pengaruh terhadap beberapa karakter, yaitu pada karakter jumlah anakan total, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, jumlah gabah total per malai, laju pengisian biji, persentase gabah isi dan bobot gabah total/tanaman. Seluruh genotipe yang ditanam pada rumah kaca mengalami penurunan fertilitas polen. Genotipe IPB 4S merupakan genotipe yang sensitif dan genotipe Mekongga merupakan genotipe toleran terhadap cekaman suhu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah Desentralisasi IPB Tahun 2014 dengan Kontrak nomor: 083/SP2H/PL/Dit. Litabmas/II/2015 atas nama Desta Wirnas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghamolki, M.T.K., M.K. Yusop, F.C. Oad, H. Zakikhani, Z.H. Jaafar, S.M.S. Kharidah, M.M. Hanafi. 2014. Response of yield and morphological characteristic of rice cultivars to heat stress at different growth stages. *WASET*. 8:98-100.
- Arshad, M.S., M. Farooq, F. Asch, S.V.K. Jagadish, P.V.V. Prasad, K.H.M. Siddique. 2017. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice. *Int. J. Plant Physiol. Biochem.* 15:57-72.
- Cao, Y., H. Duan, L. Yang, Z. Wang, L. Liu, J. Yang. 2009. Effect of high temperature during heading and early filling on grain yield and physiological characteristics in *Indica* rice. *Acta. Agron. Sin.* 35:512-521.
- Das, S., P. Krishnan, M. Nayak, B. Ramakrishnan. 2014. High temperature stress effects on pollens of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Environ. Exper. Bot.* 111:36-46.
- Dias, A.S., F.C. Lidon. 2010. Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis. *J. Agron. Crop. Sci.* 195:137-147.
- Endo, M., T. Tsuchiya, K. Hamada, S. Kawamura, K. Yano, M. Ohshima, A. Higashitani, M. Watanabe, M. Kawagishi-Kobayashi. 2009. High temperatures cause male sterility in rice plants with transcriptional alterations during pollen development. *Plant Cell Physiol.* 50:1911-1922.
- Fernández, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress", Taiwan, 13-16 August 1992, 257-270.
- Hakata, M., H. Wada, C. Masumoto-Kubo, R. Tanaka, H. Sato, S. Morita. 2017. Development of a new heat tolerance assay system for rice spikelet sterility. *Plant Methods* 13 (34). doi:10.1186/s13007-017-0185-3.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Geneva, SWI.
- Jagadish, S.V.K., P.Q. Craufurd, T.R. Wheeler. 2007. High temperature stress and spikelet fertility in rice. *J. Exp. Bot.* 58:1627-1635.
- Jagadish, S.V.K., R. Muthurajan, R. Oane, T.R. Wheeler, S. Heuer, J. Bennett, P.Q. Craufurd. 2010. Physiological and proteomic approaches to dissect reproductive stage heat tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 61:143-156.
- Nurhayanti, N., M. Nugroho. 2016. Sensitivitas produksi padi terhadap perubahan iklim di Indonesia tahun 1974-2015. *Agro Ekonomi.* 27:183-196.
- Krismawati, A, Sugiono. 2016. Potensi hasil galur-galur harapan padi hibrida di lahan sawah Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. *Bul. Plasma Nutraf* 22:21-30.
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G. S. Khush, K.G. Cassman, K. G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101:9971-9975.
- Priya S.K., S. Neerja. 2017. Effect of heat stress on amylase activity in chalky and translucent rice genotypes. *IJARIT.* 3:205-209.
- Purnamasari, F.R., I. Yulianah, L. Soetopo. 2015. Seleksi calon tetua galur mandul jantan (F1) padi hibrida (*Oryza sativa* L.) terhadap sterilitas polen dan ketahanan penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae*). *J. Prod. Tanaman* 3:397-405.
- Sakata, T., T. Oshino, S. Miura, M. Tomabechi, Y. Tsunaga, N. Higashitani, Y. Miyazawa, H. Takahashi, M. Watanabe, A. Higashitani. 2010. Auxins reverse plant male sterility caused by high temperatures. *Natl. Acad. Sci.* 107:8569-8574.
- Saputro, N.W., M.B.R. Khamid. 2016. Mekanisme tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dalam menghadapi cekaman suhu tinggi pada stadia generatif. *J. Agrotek Indonesia* 1:129-139.

- Sopandie, D. 2014. Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika. IPB Press. Bogor, ID.
- Suriyasak, C., K. Harano, K. Tanamachi, K. Matsuo, A. Tamada, M. Iwaya-Inoue, Y. Ishibashi. 2017. Reactive oxygen species induced by heat stress during grain filling of rice (*Oryza sativa* L.) are involved in occurrence of grain chalkiness. J. Plant Physiol. 216:52-57.
- Sutoro, T. Suhartini, M. Setyowati, K.R. Trijatmiko. 2015. Keragaman Malai Anakan dan Hubungannya dengan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa*). Bul. Plasma Nutfah 21:9-16.
- Tenorio, F.A., C. Ye, E. Redoña, S. Sierra, M. Laza, M.A. Argayoso. 2013. Screening rice genetic resources for heat tolerance. SABRAO J. Breeding Gen. 45:371-381.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. Environ. Exp. Bot. 61:199-223.
- Wirnas, D., R.H. Mubarrozzah, M. Noviarini, S. Marwiyah, Trikoesoemaningtyas, H. Aswidinnoor, H.S. Sutjahjo. 2015. Contribution of genetic x temperature interaction to performance and variance of rice yield in Indonesia. IJAAR. 6:112-119.
- Yaliang, W., W. Lei, Z. Jianxia, H. Shengbo, C. Huizhe, X. Jing, Z. Yikai, Z. Yongjun, S. Qinghua, Z. Defeng, Z. Yuping. 2019. Research Progress on Heat Stress of Rice at Flowering Stage. Rice Sci. 26:1-10.
- Yullianida, Suwarno, S.W. Ardie, H. Aswidinnoor. 2014. Uji cepat toleransi tanaman padi terhadap cekaman rendaman pada fase vegetatif. J. Agron. Indonesia 42:89-95.
- Zhang, X., J. Cai, B. Wollenweber, F. Liu, T. Dai, W. Cao, D. Jiang. 2013. Multiple heat and drought events affect grain yield and accumulations of high molecular weight glutenin subunits and glutenin macropolymers in wheat. J. Cereal Sci. 57:134-140.