

Respon dan Produktivitas Padi Rawa terhadap Cekaman Rendaman Stagnan untuk Pengembangan di Lahan Rawa Lebak

Response and Productivity of Swampy Rice to Stagnant Flooding Stress for Improvement on Basin Swampy Area

Yullianida^{1,2}, Sintho Wahyuning Ardie³, Suwarno², dan Hajrial Aswidinnoor^{3*}

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

²Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (Indonesia Center for Rice Research)

Kebun Percobaan Muara, Jl. Raya Ciapus No. 25A Bogor Barat 16119, Indonesia

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

Diterima 20 Maret 2014/Disetujui 21 Juli 2014

ABSTRACT

*The limited fertile land and increasing flood intensity as a result of global climate changes become serious constraints in the sustainability of national rice production. Improvement of rice varieties, especially for rice cultivation in swampy area is necessary. The objective of this research were to evaluate responses and productivity of rice genotypes to stagnant flooding stress which occurs on swampy area. A total of 22 genotypes had been tested, included Tapus, IR42, and IR64 as check varieties. Water level at stagnant flooding environment was 50-60 cm and started from 35 days after planting until harvest. Research was conducted in wet season of 2011/2012 at Babakan Experimental Farm, Bogor Agricultural University. The experiment used randomized block design with three replicates. The results showed that stagnant flooding stress caused an increase in plant height, flowering and maturity date, number of unfilled grain, and stem elongation ability. On the other hand, the number of productive tiller and the number of filled grain decreased. The number of filled grain positively correlated with grain yield ($r = 0.74^{**}$), but stem elongation ability didn't have strong correlation with grain yield ($r = -0.29$). Genotypes IPB107-F-5-1-1 and IPB107-F-82-2-1 showed the highest productivity, 5.47 ton ha⁻¹ and 5.80 ton ha⁻¹, respectively, at which productivity decreased up to 20% compared to optimum condition.*

Keywords: basin swampy rice, stagnant flooding

ABSTRAK

*Keterbatasan lahan subur dan peningkatan intensitas banjir akibat perubahan iklim global menjadi kendala dalam produksi padi nasional. Diperlukan ekstensifikasi ke lahan rawa menggunakan varietas toleran rendaman, terutama lahan rawa lebak yang selama ini belum dimanfaatkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respon dan produktivitas tanaman padi terhadap cekaman rendaman stagnan yang kerap terjadi pada lahan rawa lebak. Sebanyak 22 genotipe, termasuk tiga varietas pembandingan (Tapus, IR42, dan IR64) diuji toleransinya terhadap cekaman rendaman stagnan setinggi 50-60 cm dari permukaan tanah, mulai 35 hari setelah semai sampai dengan panen. Penelitian dilakukan pada musim hujan 2011/2012 di Kebun Percobaan Babakan, Institut Pertanian Bogor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon tanaman padi terhadap cekaman rendaman stagnan berupa peningkatan tinggi tanaman, umur berbunga dan panen, jumlah gabah hampa, dan pemanjangan batang, sedangkan jumlah anakan produktif dan jumlah gabah isi berkurang jika dibanding tanaman padi yang ditanam pada lingkungan optimum (sawah). Jumlah gabah isi berkorelasi nyata positif terhadap hasil ($r = 0.74^{**}$), namun tidak demikian dengan kemampuan pemanjangan batang ($r = -0.29$). Genotipe IPB107-F-5-1-1 dan IPB107-F-82-2-1 menunjukkan produktivitas tertinggi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan, masing-masing sebesar 5.47 ton ha⁻¹ dan 5.80 ton ha⁻¹ dengan penurunan produktivitas kurang dari 20% jika dibanding dengan lingkungan optimum.*

Kata kunci: padi rawa lebak, rendaman stagnan

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

PENDAHULUAN

Pemanasan global yang terjadi pada beberapa tahun belakangan memicu peningkatan resiko banjir. Menurut Hirabayashi *et al.* (2013) peningkatan frekuensi banjir tergantung pada peningkatan derajat pemanasan global yang terjadi dan tertinggi adalah di Asia Tenggara, India, Afrika Timur dan Utara Pegunungan Andes. Cekaman rendaman atau genangan dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan terjadinya penurunan komponen hasil dan hasil tanaman. Kuswanto (2011) menyatakan pada tanaman kedelai bahwa cekaman rendaman menyebabkan penurunan jumlah cabang produktif, jumlah polong isi dan hasil. Pada tanaman padi, telah banyak dilaporkan dampak cekaman rendaman terhadap pertumbuhan dan hasil, namun lebih terbatas pada cekaman rendaman keseluruhan yang sesaat seperti akibat terjadinya banjir rob. Para peneliti dari IRRI juga sudah banyak mempublikasikan hasil penelitian terkait cekaman rendaman keseluruhan, antara lain (1) Septiningsih *et al.* (2009) yang mengungkapkan pembentukan tanaman padi toleran cekaman rendaman keseluruhan melalui pendekatan molekuler dengan penemuan gen *Sub1* dan (2) Mackill *et al.* (2010) mempelajari cekaman rendaman sebagai salah satu cara adaptasi untukantisipasi perubahan iklim global. Dengan semakin tingginya intensitas banjir dan cekaman rendaman, Collard *et al.* (2013) menyatakan perlu upaya perakitan varietas toleran rendaman untuk berbagai kondisi rendaman yang terjadi sekarang ini, seperti rendaman stagnan, rendaman pada fase kecambah (*anaerobic germination*), serta gabungan berbagai cekaman abiotik terkait cekaman rendaman, seperti salinitas dan kekeringan.

Perakitan varietas padi yang toleran terhadap rendaman keseluruhan dan sesaat (*submergence/flash flooding*) telah berkembang baik dengan ditemukannya gen *Sub1* yang dimasukkan ke beberapa varietas berdaya hasil tinggi di Asia yang ditanam lebih dari satu juta hektar antara lain IR64, Swarna, Samba Mahsuri BR11, TDK dan CR1009 (Septiningsih *et al.*, 2009). Metode pemuliaan yang digunakan adalah metode silang balik dengan bantuan marka molekuler atau *marker assisted backcrossing* (MAB). Selain gen *Sub1*, saat ini telah ditemukan gen *Snorkel1* dan *Snorkel2* yang mengendalikan sifat kemampuan pemanjangan batang ketika tanaman padi tercekam rendaman. Gen *Snorkel* sesuai untuk pertanaman padi yang mengalami cekaman rendaman stagnan atau berada di daerah rawa dalam (*deepwater*). Tiga QTL (*quantitative trait loci*) yang berperan dalam kemampuan pemanjangan batang terletak pada kromosom 1, 3 dan 12 (Hattori *et al.*, 2008). Diantara ketiga lokus tersebut, gen pengendali pada kromosom 12 adalah yang paling utama. Penemuan tersebut memungkinkan untuk menggunakan pendekatan molekuler dalam perbaikan kemampuan pemanjangan batang varietas padi untuk toleransi terhadap rendaman stagnan. Sedangkan menurut Nugraha *et al.* (2013) bobot tajuk, bobot daun, luas indek daun, diameter batang, tinggi tanaman dan jumlah anakan merupakan karakter yang paling efektif digunakan sebagai kriteria untuk seleksi tandem terhadap hasil gabah karena memiliki variabilitas genetik luas, heritabilitas

tinggi dan korelasi yang kuat dengan hasil gabah. Karakter-karakter tersebut efektif digunakan untuk seleksi hasil gabah padi yang toleran terhadap cekaman rendaman stagnan.

Cekaman rendaman stagnan pada pertanaman padi sering terjadi pada daerah rawa lebak. Penggunaan varietas lokal di lahan rawa lebak masih memberikan produktivitas yang rendah, seperti Pandak Putih dan Siam Kuning di lahan rawa lebak dalam Kalimantan Selatan hanya sekitar 3.0 ton ha⁻¹ dan Sei Putih di lebak pematang dan tengahan Sumatera Selatan berkisar 2.0-2.5 ton ha⁻¹ (Suwarno *et al.*, 1996). Penggunaan varietas unggul baru (VUB) berdampak terhadap peningkatan produktivitas, antara lain varietas Cisanggarung pada musim kemarau di Kayu Agung, Sumatera Selatan dapat menghasilkan 4.0-5.5 ton ha⁻¹, varietas unggul padi seperti Barito, Mahakam, Tapus, Alabio dan Nagara mampu menghasilkan gabah kering giling sebanyak 4.0-5.0 ton ha⁻¹ di lahan lebak dangkal dan tengahan Kayuagung, Sumatera Selatan (Suwarno *et al.*, 1996). Terlihat bahwa jika budidaya padi lebak dilakukan secara intensif, maka daerah tersebut memiliki potensi yang tinggi sebagai alternatif sentra produksi padi.

IRRI (*International Rice Research Institute*) mulai melirik pengembangan area pertanaman padi ke lahan-lahan yang mengalami cekaman rendaman stagnan, yaitu terendam 25-50 cm dari permukaan tanah selama hampir seluruh fase hidupnya. Belum ada varietas padi yang dilepas untuk kondisi terendam seperti ini. Selain itu, perakitan varietas padi yang memiliki kombinasi toleransi terhadap rendaman sesaat dan stagnan merupakan prioritas utama program pemuliaan di IRRI. Beberapa galur harapan yang memiliki toleransi terhadap kedua jenis rendaman tersebut telah diuji lapang di Asia dan Afrika selama tahun 2011-2012 (Mackill *et al.*, 2010).

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari respon genotipe padi terhadap cekaman rendaman stagnan dan mengevaluasi karakter yang paling berkontribusi terhadap hasil.

BAHAN DAN METODE

Materi genetik yang digunakan terdiri atas 19 genotipe padi rawa dengan tiga varietas pembanding (Tabel 1). Varietas pembanding yang digunakan yaitu varietas Tapus sebagai pembanding yang memiliki kemampuan membentuk buku dan sesuai untuk pertanaman di lahan rawa lebak dan varietas IR64 dan IR42 sebagai pembanding padi sawah.

Penelitian dilaksanakan pada musim hujan (MH) 2011/2012, mulai bulan Oktober 2011 sampai dengan Februari 2012 di Kebun Percobaan Babakan-Institut Pertanian Bogor. Terdapat dua lingkungan pengujian, yaitu lingkungan tercekam rendaman stagnan dan lingkungan optimum (sawah). Cekaman rendaman yang diberikan bersifat stagnan, yaitu mulai 35 hari setelah semai (HSS) hingga panen, namun hanya sebagian tanaman berada di bawah permukaan air (*stagnant partial flooding*) dengan ketinggian air 50-60 cm. Rancangan yang digunakan pada tiap lingkungan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan.

Tabel 1. Materi genetik yang digunakan beserta asal persilangannya

Genotipe	Asal tetua	
G1	IR41410-6-3-3-1-2	Introduksi dari IRRI (<i>elongation type</i>)
G2	IR28273-3R-29-38-1-1-3	Introduksi dari IRRI
G3	B11586F-MR-11-2-2	Mesir/IR600-80-23
G4	B10580E-KN-81-3	Batutegi/Kapuas
G5	BP1027F-PN-1-2-1-KN-MR-3-3	Pucuk/IR64
G6	B10217F-TB-38-1-1	Pontianak/Sita//IR42
G7	B13132-8-MR-1-KA-1	Kapuas/IR73571-3B-R-2-2-3-1//IR69502-6-SKN-UBN-1-B-1-3/CNA2903
G8	B13134-4-MR-1-KA-1	Kapuas/IR73571-3B-R-2-2-3-1 //Dendang /KAL9418F-MR-2
G9	B13135-1-MR-2-KA-1	Mahsuri/Cimelati//IR69502-6-SKN-UBN-1-B-1-3/Bondoyudo
G10	B13138-7-MR-2-KA-1	IR69502-6-SKN-UBN-1-B-1-3 / KAL9418F //Pokhali/Angke
G11	B13138-7-MR-2-KA-2	IR69502-6-SKN-UBN-1-B-1-3 / KAL9418F //Pokhali/Angke
G12	IPB107-F-16-2-1	Siam Sapat/Fatmawati
G13	IPB107-F-5-1-1	Siam Sapat/Fatmawati
G14	IPB107-F-27-6-1	Siam Sapat/Fatmawati
G15	IPB107-F-82-2-1	Siam Sapat/Fatmawati
G16	IPB107-F-60-1-1	Siam Sapat/Fatmawati
G17	IPB107-F-95-1-1	Siam Sapat/Fatmawati
G18	IPB107-F-127-3-1	Siam Sapat/Fatmawati
G19	IPB 107-F-13-1-1	Siam Sapat/Fatmawati
G20	Tapus (Padi Lebak)	IR36/Leb Mue Nahng III
G21	IR64 (Padi Sawah)	IR5657/IR2061
G22	IR42 (Padi Sawah)	IR1561-228-1-2/IR1737//CR94-13

Pelaksanaan Percobaan

Benih per genotipe disemai pada tempat pembibitan dan setelah bibit berumur 21 HSS khusus untuk perlakuan pada lingkungan tercekam rendaman bibit kemudian dipindah tanam ke dalam polibag, sedangkan untuk lingkungan optimum bibit langsung ditanam di lahan sawah. Penanaman pada lingkungan optimum adalah setiap galur ditanam sebanyak dua baris dengan masing-masing galur terdapat 30 tanaman per ulangan. Penanaman pada lingkungan tercekam rendaman yaitu penanaman bibit tidak dilakukan langsung di dasar kolam karena pada awal rendaman sulit mengeluarkan sebagian air dari dalam kolam. Ketinggian permukaan air kolam masih terlalu tinggi untuk bibit berumur 21 HSS sehingga dapat dipastikan seluruh bagian tanaman terendam secara keseluruhan. Padahal cekaman rendaman yang diberikan adalah parsial stagnan, yaitu hanya 40-99% bagian tanaman yang terendam air. Rendaman dilakukan dua minggu setelah tanam (35 HSS).

Karakter yang diamati meliputi panjang batang, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, umur berbunga 50%, umur panen 80%, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, bobot 1,000 butir gabah dan hasil. Pengukuran pemanjangan batang padi dilakukan tiga kali, yaitu pada fase vegetatif, generatif, dan menjelang panen untuk mengetahui laju pemanjangan batang.

Analisis Data

Data pada lingkungan tercekam rendaman stagnan dan lingkungan optimum dianalisis menggunakan sidik ragam, apabila terdapat pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Perbedaan antara lingkungan tercekam rendaman dan lingkungan optimum pada tiap karakter yang diamati diuji dengan uji-t. Selain itu, dilakukan analisis korelasi antar karakter yang diamati terhadap hasil gabah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Agronomi Padi pada Lingkungan Tercekam Rendaman Stagnan

Hasil pengamatan terhadap karakter agronomi yang meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, umur berbunga 50% dan umur panen 80% disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil uji-t, semua karakter agronomi yang diamati pada lingkungan tercekam rendaman stagnan berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) dengan lingkungan optimum. Penanaman pada lingkungan tercekam rendaman stagnan menunjukkan bahwa terdapat 12 genotipe yang memiliki tinggi tanaman di atas varietas pembanding Tapus (G20), namun delapan genotipe di antaranya tidak berbeda nyata.

Genotipe yang memiliki tinggi tanaman tertinggi adalah IR41410-6-3-3-1-2 (G1) setinggi 156 cm yang merupakan introduksi dari IRRI dan terkarakterisasi memiliki kemampuan pemanjangan batang (*elongation type*), sedangkan yang terendah adalah IR28273-3R-29-38-1-1-3 (G2) setinggi 101.7 cm yang juga merupakan introduksi dari IRRI dan tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding padi sawah IR64 (G21) setinggi 105 cm dan IR42 (G22) setinggi 101.6 cm. Apabila dibandingkan dengan tinggi tanaman pada lingkungan optimum, cekaman rendaman stagnan terlihat menyebabkan pertambahan tinggi tanaman. Menurut Singh *et al.* (2011) cekaman rendaman stagnan dengan ketinggian air 30 cm dan 50 cm menyebabkan pertambahan tinggi tanaman masing-masing sebesar 13% dan 17%.

Jumlah anakan produktif pada lingkungan tercekam rendaman stagnan terlihat mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan lingkungan optimum (Tabel 2).

Jumlah anakan produktif varietas IR64 (G21) tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding Tapus (G20) dan varietas pembanding IR42 (G22) pada lingkungan tercekam rendaman stagnan. Pada lingkungan optimum, jumlah anakan produktif galur-galur padi rawa berkisar antara 9-12 anakan per rumpun dan 11 genotipe diantaranya tidak berbeda nyata dengan varietas Tapus (G20), sedangkan varietas padi sawah IR64 (G21) dan IR42 (G22) mempunyai jumlah anakan terbanyak masing-masing 13 dan 16 anakan per rumpun. Jumlah anakan yang sedikit pada galur IPB107F (G12-G19) kemungkinan terkait sifat genetik dari galur-galur tersebut yang merupakan turunan dari padi tipe baru Fatmawati yang jumlah anakannya sedikit.

Cekaman rendaman stagnan menyebabkan umur berbunga dan umur panen menjadi lebih lama pada seluruh genotipe yang diuji (Tabel 2). Namun perbedaan umur berbunga 50% dan umur panen 80% paling menonjol terjadi pada varietas pembanding IR42 (G22), masing-masing selama 10 hari dan 12 hari.

Tabel 2. Karakter agronomi padi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan (LR) dan lingkungan optimum (LO), KP. Babakan, MH 2011/2012

Genotipe	TT (cm)		JAP		UB (HSS)		UP (HSS)	
	LR	LO	LR	LO	LR	LO	LR	LO
G1	156.0a	139.1a	10.0ab	11.3cd	94c	86e	124c	115d
G2	101.7j	105.1i	8.3bcd	10.3cdefg	88g	84g	118g	115d
G3	130.0de	116.1b	10.3a	9.3fgh	86i	81j	116i	113f
G4	116.7h	107.0hi	5.7ghij	9.7efgh	90e	88c	120e	116c
G5	136.3bc	116.7b	7.0defg	10.3cdefg	92d	86e	122d	115d
G6	122.3fg	107.8h	6.3efgh	10.0defg	89f	83h	119f	114e
G7	110.7i	105.1i	6.0fghi	11.3cd	89f	84g	119f	113f
G8	122.0fg	101.6j	6.3efgh	11.7c	98b	92b	127b	120b
G9	125.7ef	116.4b	10.0ab	11.3cd	90e	82i	120e	113f
G10	116.7h	110.7cde	7.7cdef	11.3cd	86i	78l	116i	109j
G11	121.3fgh	112.8c	8.0cde	8.3h	90e	85f	120e	115d
G12	119.7gh	110.4cdef	4.0jk	8.7gh	87h	80k	117h	110i
G13	111.3i	107.9gh	8.0cde	9.7efgh	86i	83h	116i	112g
G14	119.0gh	108.8efgh	7.0defg	8.3h	85j	83h	115j	113f
G15	131.7cd	110.6cde	5.0hij	9.3fgh	87h	81j	117h	111h
G16	129.7de	109.0efgh	6.7defgh	8.3h	86i	83h	115j	111h
G17	132.7bcd	110.2defg	7.3cdefg	11.0cde	87h	86e	116i	113f
G18	134.0bcd	112.0cd	9.0abc	9.3fgh	85j	82i	114k	111h
G19	137.3b	115.2b	7.0defg	9.3fgh	86i	84g	113l	112g
G20	120.7fgh	108.1fgh	5.7ghij	8.7gh	88g	87d	116i	115d
G21	105.0j	96.2k	4.3ijk	13.3b	87h	82i	117h	112g
G22	101.6j	91.4l	3.0k	15.7a	106a	96a	132a	124a
BNT	5.3	2.37	1.86	1.60	0	0	0	0
r Hasil	0.09	-0.04	-0.09	-0.15	-0.51**	-0.16	-0.57	-0.22

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%; TT = tinggi tanaman; JAP = jumlah anakan produktif per rumpun; UB = umur berbunga 50%; UP = umur panen 80%; r Hasil = koefisien korelasi terhadap hasil; ** = berkorelasi sangat nyata; HSS = hari setelah semai

Kemampuan Pemanjangan Batang Padi

Strategi adaptasi tanaman padi terhadap cekaman rendaman stagnan adalah melakukan pemanjangan batang mengikuti naiknya permukaan air, sehingga daun masih berada di atas permukaan air untuk menghindari kondisi anaerob. Hattori *et al.* (2011) menyebutkan strategi ini sebagai *escape strategy*. Menurut Hattori *et al.* (2009) pada bagian tanaman yang terendam air, zat pengatur tumbuh (ZPT) etilen terakumulasi sehingga mengalami peningkatan yang menginduksi ekspresi gen *Snorkel1* (SK1) dan *Snorkel2* (SK2) yang berfungsi sebagai *ERF-type transcription factors*. Selain itu terjadi juga peningkatan ZPT *gibberellic acid* (GA). Namun pada penelitian ini tidak diamati peranan kedua ZPT tersebut.

Pengamatan pada penelitian ini dilakukan tiga kali terhadap kemampuan pemanjangan batang, yaitu pada fase vegetatif (37 HSS), fase generatif (80 HSS) dan menjelang panen (91 HSS). Tabel 3 menunjukkan bahwa laju pemanjangan batang berlangsung cepat pada awal

perendaman dan menurun seiring dengan waktu perendaman. Laju pemanjangan batang tertinggi terjadi pada genotipe IR41410-6-3-3-1-2 (G1), yaitu sebesar 1.6 cm hari⁻¹ karena merupakan genotipe introduksi dari IRRI yang memiliki *elongation type*. Genotipe B10580E-KN-81-3 (G4) memiliki laju pemanjangan batang kedua tertinggi, yaitu sebesar 1.4 cm hari⁻¹. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa galur tersebut mempunyai laju pemanjangan batang tertinggi setara dengan varietas Margasari dan lebih tinggi dibandingkan varietas pembanding Tapus (Yullianida *et al.*, 2011).

Selisih pemanjangan batang yang terjadi pada genotipe B10580E-KN-81-3 (G4) pada awal pengamatan (fase vegetatif) dan akhir pengamatan (menjelang panen) sebesar 42.3 cm, lebih rendah dibandingkan beberapa genotipe lainnya, kecuali dari galur B13138-7-MR-2-KA-1 (G10), IPB107F-27-6-1 (G14) dan IPB107F-60-1-1 (G16). Penyebabnya adalah pemanjangan batang sangat cepat terjadi pada fase vegetatif (1.7 cm hari⁻¹), sedangkan pada fase generatif dan menjelang panen lajunya menurun

Tabel 3. Pemanjangan batang padi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan, Kebun Percobaan Babakan, MH 2011/2012

Genotipe	Laju pemanjangan batang (cm hari ⁻¹)				Panjang batang pada 3 fase pertumbuhan (cm)			Kemampuan pemanjangan batang (cm)
	I	II	III	Rata-rata	I	II	III	
G1	1.8	1.5	1.4	1.6	67.1	122.3	131.7	64.6
G2	1.2	1.1	1.0	1.1	43.3	86.7	92.7	49.3
G3	1.5	1.3	1.2	1.3	55.7	101.3	108.0	52.3
G4	1.7	1.2	1.2	1.4	62.3	97.3	104.7	42.3
G5	1.5	1.3	1.2	1.3	54.3	107.7	111.7	57.3
G6	1.2	1.2	1.1	1.2	45.7	98.7	100.7	55.0
G7	1.3	1.2	1.2	1.2	47.3	95.0	105.0	57.7
G8	1.4	1.0	1.1	1.2	50.7	79.7	100.0	49.3
G9	1.4	1.2	1.2	1.3	51.7	96.0	109.3	57.7
G10	1.4	1.1	1.0	1.2	52.7	87.0	87.3	34.7
G11	1.4	1.1	1.0	1.2	50.7	90.3	94.7	44.0
G12	1.4	1.1	1.0	1.2	53.0	91.0	95.0	42.0
G13	1.6	1.0	1.0	1.2	57.7	82.0	95.0	37.3
G14	1.6	1.1	1.0	1.2	57.7	87.0	90.0	32.3
G15	1.5	1.0	1.1	1.2	53.7	82.0	98.0	44.3
G16	1.5	1.1	1.0	1.2	56.7	86.0	90.0	33.3
G17	1.6	1.2	1.2	1.3	60.7	96.7	105.0	44.3
G18	1.5	1.2	1.1	1.3	54.7	99.0	100.7	46.0
G19	1.5	1.2	1.1	1.3	56.0	99.7	101.3	45.3
G20	1.4	1.2	1.1	1.2	52.0	95.7	97.0	45.0
G21	1.2	0.9	0.9	1.0	45.7	75.7	85.0	39.3
G22	1.3	0.9	0.9	1.0	48.3	72.3	85.0	36.7
r Hasil				-0.11				-0.29

Keterangan: I = fase vegetatif (37 HSS); II = fase generatif (80 HSS); III = menjelang panen (91 HSS); dan r Hasil = korelasi terhadap hasil

(1.2 cm hari⁻¹). Lain halnya dengan genotipe IR41410-6-3-3-1-2 (G1) yang memiliki laju pemanjangan batang yang relatif tinggi pada semua fase pertumbuhan, yaitu 1.8 cm hari⁻¹ pada fase vegetatif (37 HSS), 1.5 cm hari⁻¹ pada fase generatif (80 HSS) dan 1.4 cm hari⁻¹ pada saat menjelang panen (91 HSS), sehingga selisih pemanjangan batangnya pun menjadi tinggi.

Komponen Hasil dan Produktivitas Tanaman Padi

Hasil gabah pada cekaman rendaman merupakan fungsi dari kemampuan tanaman padi untuk membentuk kapasitas lumbung (*sink*) di antaranya anakan produktif, ukuran malai dan persentase gabah isi malai (Mallik *et al.*, 2004). Komponen hasil yang diamati pada percobaan ini meliputi jumlah gabah isi dan hampa per malai, serta bobot 1,000 butir gabah (Tabel 4). Cekaman rendaman stagnan menyebabkan penurunan jumlah gabah isi lebih dari 50% pada semua genotipe yang diuji, kecuali varietas IR64

(G21), sedangkan pada varietas IR42 (G22) mengalami penurunan gabah isi hampir 80% apabila dibandingkan dengan lingkungan optimum. Terdapat empat genotipe yang memiliki jumlah gabah isi tidak berbeda nyata dengan varietas Tapus, yaitu IPB107-F-16-2-1 (G12), IPB107F-60-1-1 (G16), IPB107F-13-1-1 (G19) dan IR64 (G21).

Cekaman rendaman stagnan menyebabkan peningkatan jumlah gabah hampa. Jumlah gabah hampa paling rendah terdapat pada genotipe IPB107-F-13-1-1 (G19) sebanyak 57 butir. Varietas pembanding IR64 (G21) mempunyai jumlah gabah hampa yang sangat rendah, baik pada lingkungan tercekam rendaman stagnan maupun lingkungan optimum. Bobot 1,000 butir gabah berkisar antara 25-28 g, kecuali untuk varietas IR42 (G22) yang memang memiliki ukuran gabah kecil (Tabel 4). Cekaman rendaman stagnan tidak menyebabkan perubahan ukuran gabah.

Cekaman rendaman stagnan menyebabkan penurunan hasil pada semua genotipe yang diuji. Penurunan hasil terendah terjadi pada genotipe BP1027F-PN-1-2-1-KN-

Tabel 4. Komponen hasil dan hasil gabah pada lingkungan tercekam rendaman stagnan (LR) dan lingkungan optimum (LO), KP. Babakan, MH 2011/2012

Genotipe	GI		GH		B1,000 (g)		HSL (ton ha ⁻¹)		ΔHSL (%)
	LR	LO	LR	LO	LR	LO	LR	LO	
G1	23gh	93ijk	178bcd	48hijk	25.11j	25.05j	2.26jk	4.60ef	50.87
G2	18gh	83k	157cde	70fg	26.35efgh	26.34ghi	2.40jk	3.73hi	35.66
G3	24gh	134def	141def	38k	28.19ab	28.31a	2.28jk	4.92de	53.66
G4	61de	112ghij	217ab	87cd	28.25a	27.87a	2.72ij	4.08gh	33.33
G5	20gh	101hijk	182bcd	72ef	25.46ij	26.02hi	3.17hi	3.31i	4.24
G6	4h	83k	155cde	50hij	28.51a	27.50bc	2.17k	4.47efg	51.42
G7	12h	137de	227a	77def	26.55ef	26.79defg	2.04k	4.96de	58.87
G8	12h	104hij	93gh	76def	26.80de	26.35ghi	2.27jk	4.29fg	47.1
G9	37fg	92jk	114efg	74def	27.71bc	28.05a	4.22ef	6.15b	31.38
G10	65cde	94ijk	89ghi	52hi	25.93hi	26.66efg	3.24gh	4.13fgh	21.64
G11	47ef	160bc	193abc	114b	26.46efg	26.40fgh	3.72fg	6.10b	38.94
G12	97ab	180ab	123efg	85cde	26.62ef	26.75defg	4.10ef	5.38cd	23.79
G13	76cd	137d	143de	121ab	28.30a	27.95a	5.47ab	6.72a	18.57
G14	59de	143cd	84ghi	95c	26.73def	27.01cde	4.37de	5.38cd	18.77
G15	63cde	135def	90ghi	112b	26.86de	26.72defg	5.80a	6.72a	13.62
G16	83bc	170ab	123efg	131a	26.42efgh	26.97cdef	4.11ef	4.90de	16.12
G17	65cde	97hijk	100fgh	71fg	26.36efgh	27.12cde	4.61cde	5.64bc	18.26
G18	70cd	116efgh	95gh	58gh	27.20cd	27.26cd	4.49de	5.93bc	24.28
G19	82bc	114fghi	57hi	43ijk	26.34efgh	26.73defg	4.78cd	5.53c	13.56
G20	101ab	186a	98gh	51hij	26.25fgh	26.23ghi	4.27de	5.93bc	27.99
G21	108a	126defg	48i	34k	25.99gh	25.80i	4.99bc	5.53c	9.68
G22	24gh	99hijk	150cde	41ijk	23.63k	23.07k	2.31jk	5.38cd	57.06
BNT	20.4	21.25	43.0	13.39	0.53	0.57	0.52	0.56	
r Hasil	0.74**	0.42*	-0.58**	0.27*	0.14	0.13	1.0	1.0	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%; GI = jumlah gabah isi per malai; GH = jumlah gabah hampa per malai; B1,000 = bobot 1,000 butir gabah; HSL = hasil; ΔHSL = penurunan hasil; r Hasil = korelasi terhadap hasil; * = berkorelasi nyata dan ** = berkorelasi sangat nyata

MR-3-3 (G5) sebesar 4.24%, sedangkan semua genotipe IPB107F (G12-G19) mengalami penurunan hasil yang lebih rendah dibandingkan varietas Tapus (G20) sebesar 27.99%. Hal yang menarik dari percobaan ini adalah varietas IR64 (G21) yang merupakan varietas padi sawah hanya mengalami penurunan hasil yang rendah pada kondisi cekaman rendaman stagnan, sedangkan varietas pembanding sawah lainnya IR42 (G22) mengalami penurunan hasil hingga 57%. Rendahnya penurunan hasil varietas IR64 (G21) pada kondisi cekaman rendaman stagnan dapat juga memberikan penjelasan terhadap genotipe BP1027F-PN-1-2-1-KN-MR-3-3 (G5) yang mengalami penurunan hasil terendah karena sifat tersebut diduga diturunkan dari IR64 (G21) yang merupakan salah satu tetua dari galur tersebut, yaitu merupakan hasil persilangan antara varietas lokal Pucuk dengan varietas IR64 (Tabel 1).

Korelasi terhadap Hasil

Analisis korelasi antara karakter yang diamati terhadap hasil menunjukkan bahwa tidak ada karakter agronomi yang berkorelasi positif nyata terhadap hasil. Hanya karakter umur berbunga 50% yang memiliki korelasi sangat nyata terhadap hasil, namun bernilai negatif ($r = -0.51^{**}$). Komponen hasil yang paling berkontribusi terhadap hasil adalah jumlah gabah isi ($r = 0.74^{**}$) dan jumlah gabah hampa per malai ($r = -0.58^{**}$), sedangkan bobot 1,000 butir memiliki korelasi yang rendah terhadap hasil di lingkungan tercekam rendaman ($r = 0.14$) maupun di lingkungan optimum ($r = 0.13$).

Kemampuan pemanjangan batang yang merupakan strategi adaptasi tanaman padi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan ternyata tidak memiliki korelasi yang tinggi terhadap hasil. Percobaan ini menunjukkan rata-rata laju pemanjangan batang hanya memiliki koefisien korelasi -0.11 , sedangkan pemanjangan batang memiliki koefisien korelasi -0.29 . Nilai negatif menunjukkan semakin tinggi pemanjangan batang, maka hasil akan semakin rendah. Tabel 3 menunjukkan bahwa genotipe-genotipe IPB107F (G12-G19) yang mempunyai hasil cukup tinggi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan ternyata rata-rata kemampuan pemanjangan batangnya relatif lebih rendah dibandingkan genotipe lainnya, namun masih lebih tinggi dibandingkan varietas pembanding IR64 (G21) setinggi 39.3 cm dan IR42 (G22) setinggi 36.7 cm. Pemanjangan batang yang terlalu tinggi, selain menyebabkan kerebahan, juga menyebabkan gabah lebih mudah terserang burung. Hal ini hanya terjadi pada genotipe IR41410-6-3-3-1-2 (G1) karena memang tinggi tanaman dari galur ini berbeda cukup jauh dengan galur-galur yang tinggi lainnya (G2, G5, G6, G13 dan G22), yaitu minimal sekitar 20 cm, sehingga jumlah gabah hampa per malainya cukup tinggi dan mengalami penurunan hasil (Δ HSL) hingga 50.87%.

Berdasarkan hasil percobaan ini terlihat bahwa karakter yang memiliki korelasi tertinggi dan sangat nyata terhadap hasil adalah jumlah gabah isi ($r = 0.74^{**}$) dan umur berbunga 50% namun korelasinya negatif ($r = -0.51^{**}$), artinya semakin cepat umur berbunga maka hasilnya akan semakin tinggi. Informasi ini dapat menjadi pertimbangan pemulia dalam penentuan strategi seleksi untuk mendapatkan galur

padi yang berdaya hasil tinggi di daerah rendaman stagnan. Hal ini dapat terlihat dari genotipe yang memiliki hasil tertinggi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan, yaitu IPB107-F-5-1-1 (G13) sebesar 5.47 ton ha⁻¹ dan IPB107-F-82-2-1 (G15) sebesar 5.80 ton ha⁻¹ dengan penurunan hasil dibawah 20%, masing-masing hanya sebesar 18.57% (G13) dan 13.62% (G15). Umur berbunga kedua galur tersebut terbilang cepat yaitu masing-masing 86 HSS (G13) dan 87 HSS (G15). Selain itu, jumlah gabah isi per malai kedua galur tersebut termasuk tinggi, yaitu masing-masing 76 butir (G13) dan 63 (G15), sedangkan karakter agronomi maupun komponen hasil lainnya tidak berkorelasi terhadap hasil.

KESIMPULAN

Genotipe yang memiliki hasil tertinggi pada lingkungan tercekam rendaman stagnan adalah IPB107-F-5-1-1 (G17) sebesar 5.47 ton ha⁻¹ dan IPB107-F-82-2-1 (G15) sebesar 5.80 ton ha⁻¹ dengan penurunan hasil di bawah 20%. Respon genotipe padi terhadap cekaman rendaman stagnan adalah mengalami pertambahan tinggi tanaman, umur berbunga 50%, umur panen, jumlah gabah hampa per malai dan kemampuan pemanjangan batang, sedangkan jumlah anakan produktif dan jumlah gabah isi per malai mengalami penurunan. Kemampuan pemanjangan batang sebagai strategi adaptasi tanaman padi terhadap cekaman rendaman stagnan ternyata tidak berkorelasi terhadap hasil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dana penelitian dari Hibah Kompetensi, Ditjen Pendidikan Tinggi-Kementerian Pendidikan Nasional tahun 2011 No. 375/SP2H/PP/Dit.Litabmas/ IV/2011 kepada Dr. Ir. Hajriah Aswidinnoor, M.Sc; dan I-MHERE B.2.C. IPB tahun 2011 No. 12/13.24.4/SPP/I-MHERE/2011 kepada Dr. Ir. Hajriah Aswidinnoor, M.Sc.

DAFTAR PUSTAKA

- Collard, B.C.Y., E.M. Septiningsih, S.R. Das, J.J. Carandang, A.M. Pamplona, D.L. Sanchez, Y. Kato, G. Ye, J.N. Reddy, U.S. Singh, K.M. Iftekharuddin, R. Venuprasad, C.N. Vera-Cruz, D.J. Mackill, A.M. Ismail. 2013. Developing new flood-tolerant varieties at the IRRI. *SABRAO J. Breed Genet.* 45:42-56.
- Hattori, Y., K. Nagai, H. Mori, H. Kitano, M. Matsuoka, M. Ashikari. 2008. Mapping of three QTLs that regulate internode elongation in deepwater rice. *Breed. Sci.* 58:39-46.
- Hattori, Y., K. Nagai, S. Fukugawa, X.J. Song, R. Kawano, H. Sakakibara, J. Wu, T. Matsumoto, A. Yoshimura, H. Kitano, M. Matsuoka, H. Mori, M. Ashikari. 2009. The ethylene response factors *Snorkell* and *Snorkel2* allow rice to adapt to deep water. *Nature* 460:1026-1030.

- Hattori, Y., K. Nagai, M. Ashikari. 2011. Rice growth adapting to deepwater. *Curr. Opin Plant Biol.* 14:100-105.
- Hirabayashi, Y., R. Mahendran, S. Koirala, L. Konoshima, D. Yamazaki, S. Watanabe, H. Kim, S. Kanae. 2013. Global flood risk under climate change. *Nat. Clim. Change* 3:816-821.
- Kuswanto, H. 2011. Response of soybean genotypes to waterlogging. *J. Agron. Indonesia* 39:19-23.
- Mackill, D.J., A.M. Ismail, A.M. Pamplona, D.J. Sanchez, J.J. Carandang, E.M. Septiningsih. 2010. Stress tolerant rice varieties for adaptation to a changing climate. *Crop Env. Bioinf.* 7:250-257.
- Mallik S., S.N. Sen, S.D. Chatterjee, S. Nandi, A. Dutta, S. Sarkarung. 2004. Sink improvement for deepwater rice. *Curr. Sci.* 87:1042-1043.
- Nugraha, Y., G.V. Vergara, D.J. Mackill, A.M. Ismail. 2013. Parameter genetik beberapa karakter dan korelasinya terhadap gabah dalam kaitannya dengan adaptasi tanaman padi terhadap kondisi rendaman stagnan. *J. Penel. Pert.* 32:74-82.
- Septiningsih, E.M., A.M Pamplona, D.J. Sanchez, C.N. Neeraja, G.V. Vergara, S. Heuer, A.M. Ismail, D.J. Mackill. 2009. Development of submergence tolerant rice cultivars: The *Sub1* locus and beyond. *Ann Bot.* 103:151-160.
- Singh, S., D.J. Mackill, A.M. Ismail. 2011. Tolerance of longer-term partial stagnant flooding is independent of the *Sub1* locus in rice. *J. Field Crops Res.* 121:311-323.
- Suwarno, Suhartini, M. Fatchurochim, E. Lubis, R. Sisdiyati, A.R. Isdianto, A. Kaher. 1996. Perbaikan varietas padi pasang surut, sulfat masam dan gambut serta rawa lebak. Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu (RUT) I. Puslitbangtan. Bogor.
- Yullianida, A. Hairmansis, B. Kustianto, Supartopo. 2011. Kemampuan pemanjangan batang padi rawa. hal. 167-177. *Dalam* A.A. Daradjat, B. Suprihatno, Satoto, S.E. Baehaki, Sudir (*Eds.*). Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Padi Nasional. Sukamandi 24 November 2010.