

Variabel Kritis Morfofisiologi Tanaman Padi pada Kondisi Cekaman Rendaman

N. Agustiani*, Sujinah, dan I. A. Rumanti

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat

**Email: wulan_bbpadi@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Kejadian cekaman kekeringan dan rendaman secara silih berganti memberikan pengaruh terhadap penurunan produksi gabah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel kritis selama pertumbuhan yang mempunyai korelasi positif terhadap capaian hasil baik pada kondisi normal maupun tercekam rendaman. Perlakuan dirancang menggunakan rancangan acak kelompok empat ulangan untuk menguji 10 varietas/galur padi (Inpari 30 Ciherang Sub-1, Inpara 3, Inpara 4, Inpara 8, IRR119, IRR154, IR42, IR14D121, IR14D157, dan Tapus). Pengaturan air di lahan sawah dilakukan sesuai praktek petani pada umumnya, sementara untuk perlakuan perendaman dari 0 hingga 35 HST air dinaikkan secara bertahap kemudian dipertahankan pada ketinggian 50 cm sejak 35 HST hingga panen, sementara itu. Untuk mengetahui variabel-variabel kritis selama pertumbuhan tanaman padi pada masing-masing kondisi lingkungan tumbuh (lahan sawah maupun cekaman rendaman), digunakan uji korelasi Spearman pada masing-masing kondisi lingkungan tumbuh pada semua variabel yang diamati. Dari penelitian ini diketahui bahwa karakter tinggi tanaman, kehijauan daun terutama saat awal vegetatif, laju asimilasi bersih saat primordial hingga pengisian, jumlah malai per rumpun, dan persentase pengisian gabah merupakan variabel kritis pertumbuhan yang mempengaruhi hasil gabah pada kondisi sawah optimal. Sementara itu, jumlah malai per rumpun yang berkorelasi dengan kemampuan pembentukan anakan tanaman merupakan variabel kritis yang mempengaruhi tingkat hasil pada pertanaman padi dengan cekaman rendaman.

Kata kunci: Padi, rendaman, karakter pertumbuhan.

ABSTRACT

The challenges of drought and submergence stress alternately have been contributed on decreasing of rice production in Indonesia. This experiment was to explore about critical variables during rice plant growth that have a positive effect on yield both in normal and submergence conditions. A randomized completely block design (RCBD) with four replications was used to test of 10 rice varieties, namely Inpari 30 Ciherang Sub-1, Inpara 3, Inpara 4, Inpara 8, IRR1119, IRR1154, IR42, IR14D121, IR14D157, and Tapus. Those materials was planted in control and submergence plot. The depth of water was managed according to the farmers' practices for a control plot, while for submergence stress plot the depth of water was gradually increased starting from 35 day after planting and maintained at the depth of 50 cm to harvesting (stagnant flooding). The critical variables during the growth of rice plants was measured by the Spearman correlation test. The study shown that the character of plant height, leaf greenness mostly at the beginning of vegetatif, net assimilation rate when primordial upon filling, number of panicles per hill, and number of filled grains which had significant correlation with grain yields at optimal paddy fields. The number of panicles per hill in accordance with the panicle ability was a variable that affects the grain yield under submergence stress.

Keywords: Rice, submergence, growth character.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu hambatan yang dapat menurunkan produksi padi. Seluas 102.000 ha lahan sawah terendam banjir pada periode pertanaman Oktober-Maret 2015 dan 31.900 ha pada tahun 2016 (Rachman, 2016). Hal ini semakin menunjukkan peningkatan tantangan cekaman rendaman yang dihadapi pertanian Indonesia, terlebih karena cekaman ini dilaporkan memberikan penurunan hasil yang signifikan (Singh *et al.*, 2011, Nugraha *et al.*, 2013). Penurunan hasil ini merupakan akumulasi pengaruh cekaman rendaman pada fase pertumbuhan tanaman (Sarkar *et al.*, 2009, Vergara *et al.*, 2014). Kondisi terendam menghambat terjadinya fotosintesis dan respirasi aerobik pada tanaman, sehingga memaksa tanaman untuk merubah proses respirasi menjadi anaerob sebagai mekanisme untuk bertahan hidup (Fakao dan Bailey-Serres,

2004). Kekurangan molekul oksigen (O_2) menyebabkan perubahan metabolisme sel dan lebih lanjut dilaporkan menurunkan produktivitas hasil. Berbagai karakter morfologi dan fisiologi memberikan kontribusi terhadap capaian hasil yang tinggi seperti besarnya “zink” yang ditunjukkan melalui jumlah spikelet, besarnya luas daun dan tingginya indeks luas daun, tingginya laju asimilasi bersih, lambatnya *senesence*, ketahanan terhadap kerebahan, tingginya akumulasi biomas sebelum fase bunting dan lebih banyaknya karbohidrat yang mampu ditranslokasikan dari bagian vegetatif ke malai selama fase pengisian gabah (Zhang *et al.*, 2009).

Perakitan varietas unggul tahan rendaman telah menghasilkan berbagai produk seperti Inpari 30 Ciherang Sub1 (Nugraha *et al.*, 2017), maupun varietas-varietas Inpara seperti Inpara 1-8 (BBPadi, 2015). Namun demikian belum ada informasi terkait dengan variable kritis yang menyebabkan varietas tersebut dapat beradaptasi pada kondisi rendaman, Informasi variabel-variabel kritis selama pertumbuhan yang mempunyai korelasi positif terhadap capaian hasil dari berbagai varietas/galur yang di uji berguna bagi pemulia sebagai kriteria seleksi untuk mendapatkan galur adaptif terhadap lingkungan tercekaman rendaman dan rekomendasi awal untuk merancang teknik budidaya dalam menekan dampak cekaman rendaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dalam bak semen rendaman dan lahan sawah sebagai pembandingan di Kebun Percobaan Balai Besar (BB) Padi Sukamandi Subang Jawa Barat (Lintang: 6°21'1.71"S dan Bujur: 107°39' 17.44"E) pada musim tanam 2 (MT2) tahun 2015-2016 menggunakan rancangan percobaan acak kelompok (RAK) dengan empat kali ulangan. Perlakuan yang diuji adalah 10 varietas/galur padi rakitan BBPadi, introduksi IRRI maupun varietas local (Inpari 30 Ciherang Sub-1, Inpara 3, Inpara 4, Inpara 8, IRRI119, IRRI154, IR42, IR14D121, IR14D157, dan Tapus). Ukuran plot yang digunakan setiap perlakuan berukuran 2,8 x 5 meter. Bibit padi ditanam pada umur 21 hari setelah sebar dengan 2-3 bibit per lubang dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Dosis pupuk yang diaplikasikan terdiri atas 90 kg/ha N, 22 kg/ha P_2O_5 , dan 41 kg/ha K_2O . Pupuk P dan K diaplikasikan seluruhnya pada pemupukan pertama (7-10 hari setelah tanam/HST) sementara pupuk N55% diaplikasikan pada pemupukan pertama dan 45% pada pemupukan kedua (30 HST). Pengaturan air di lahan sawah dilakukan sesuai praktek petani pada umumnya, sementara untuk perlakuan perendaman dilakukan pada ketinggian 50 cm dimulai sejak 35 HST hingga panen, sementara itu dari 0 hingga 35 HST air dinaikkan secara bertahap seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik pengaturan tinggi muka air rendaman (cm), Sukamandi 2015-2016.

Berbagai pengamatan yang dilakukan meliputi: (1) respon pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah anakan, kehijauan daun, ruas batang, luas daun, bobot kering, ketebalan daun melalui bobot daun khas, (2) respon fisiologis tanaman (laju pertumbuhan, dan laju asimilasi bersih), dan (3) komponen hasil (jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persen gabah isi, dan bobot 1000 butir), dan hasil. Pengamatan dilakukan pada 20 rumpun setiap satuan percobaan. Bobot daun khas, laju pertumbuhan, dan laju asimilasi bersih dihitung berdasarkan rumus berikut:

Bobot daun khas =

$$LAB = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{\ln La_2 - \ln La_1}{La_2 - La_1} \text{ g/dm}^2/\text{minggu} \dots\dots\dots (1)$$

$$LPT = \frac{1}{Ga} \times \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \text{ g/dm}^2/\text{minggu} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana W_2 dan W_1 masing-masing adalah bobot kering tanaman akhir dan awal. La_2 dan La_1 masing-masing adalah luas daun tanaman akhir dan awal. $T_2 - T_1$ adalah selang waktu pengamatan bobot kering tanaman, dan Ga adalah luas kanopi tanaman. Perbedaan capaian hasil kondisi lahan sawah dan rendaman diuji menggunakan T test (Gomez dan Gomez, 2010), Untuk mengetahui variabel-variabel kritis selama pertumbuhan tanaman padi pada masing-masing kondisi lingkungan tumbuh (lahan sawah maupun cekaman rendaman), maka dilakukan uji korelasi Spearman pada masing-masing kondisi lingkungan tumbuh pada semua variabel yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan Produksi akibat Cekaman Rendaman

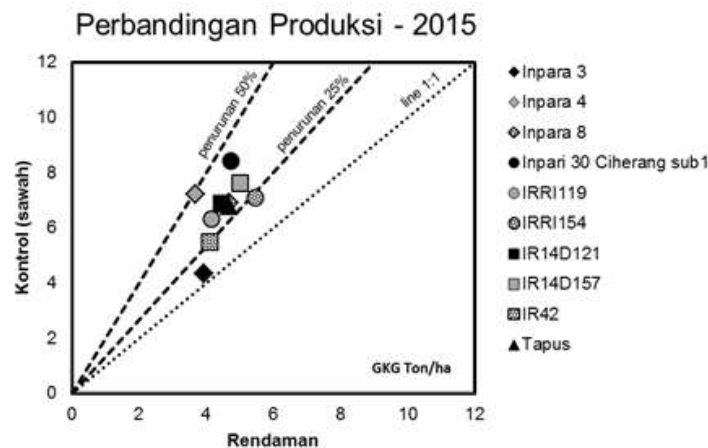
Cekaman rendaman terus menerus hingga ketinggian 50 cm sampai dengan panen nyata menurunkan produktivitas padi dibanding pertanaman di lahan sawah pada umumnya. Hasil Uji T menyatakan bahwa rata-rata produktivitas 10 varietas/galur yang diuji sebesar 4,49 ton/ha nyata lebih rendah dibanding rata-rata hasil produksi di lahan sawah sebesar 6,70 ton/ha (Tabel 1).

Namun demikian, diperoleh beberapa varietas/galur yang mampu memberikan hasil yang relatif setara antara kondisi lahan sawah maupun kondisi dengan cekaman rendaman terus menerus, sebagaimana terlihat pada grafik 1. Pada diagram 1:1 terlihat bahwa Inpara 3 yang paling toleran terhadap cekaman rendaman sehingga capaian hasil pada kondisi normal maupun dalam cekaman relatif setara. Sementara itu, varietas/galur lainnya bervariasi dengan penurunan 25-50% sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Variabel Kritis Tanaman pada Lahan Sawah. Berdasarkan uji kolerasi Spearman diketahui bahwa karakter tinggi tanaman, kehijaun daun terutama saat awal vegetatif, laju asimilasi bersih saat primordial hingga pengisian, jumlah malai per rumpun, dan persentase pengisian gabah nyata mempunyai korelasi positif terhadap hasil gabah yang diperoleh (Tabel 2). Lebih lanjut ternyata variabel tinggi tanaman juga nyata mempunyai korelasi positif terhadap kemampuan pembentukan anakan hingga jumlah malai per rumpun dan tingkat kehijauan daunnya. Kondisi lingkungan mikro akan sangat penting mempengaruhi proses kerja tanaman selama pertumbuhan yang dapat dilihat dalam perbedaan

Tabel 1. Hasil uji T terhadap capaian produksi padi di lahan sawah dan lahan tercekam rendaman pada penelitian, 2015.

	Rendaman	Kontrol
Mean	4.489990142	6.705038
Variance	0.284754302	1.272669
Observations	10	10
Hypothesized Mean Difference	0	
df	13	
t Stat	-5.61280305	
P(T<=t) one-tail	4.22058E-05	
t Critical one-tail	1.770933383	
P(T<=t) two-tail	8.44115E-05	
t Critical two-tail	2.160368652	



Gambar 2. Perbandingan produksi padi pada kondisi lahan sawah dan cekaman rendaman, 2015.

postur, akumulasi bahan kering, kehijauan daun, dan sebagainya (Badano et al. 2005; Michael, 2008; dan Moles *et al.*, 2009). Tingkat kehijauan daun pada awal fase vegetatif ternyata mempunyai hubungan positif terhadap tingkat kehijauan daun pada umur tanaman setelahnya. Kehijauan daun banyak dilaporkan berkorelasi terhadap ketersediaan hara Nitrogen (N). Pada daun, Nitrogen mengambil fungsi mempromosikan sintesis klorofil dan menunda degradasi. Hasil padi yang ditargetkan hanya bisa dicapai bila hara (nutrisi) yang diberikan jumlahnya sesuai dan pemberiannya tepat waktu sehingga memenuhi kebutuhan tanaman padi selama masa pertumbuhan (De Datta, 1989; Fairhurst *et al.*, 2007).

Laju asimilasi bersih saat primordial hingga pengisian berkorelasi dengan hasil gabah. Dalam usaha untuk peningkatan akumulasi asimilat yang terbentuk, daun dan malai merupakan “source” dan “sink” terpenting, khususnya pada fase pengisian hingga matang (Kato *et al.*, 2004). Lebih lanjut, variabel ini menunjukkan secara positif dipengaruhi oleh karakter laju pertumbuhan pada fase yang sama, bobot daun khas atau ketebalan daun terutama pada saat primordial, luas daun pada fase inisiasi malai (LD40), dan kehijauan daun pada kisaran fase tersebut. Ketebalan daun berkaitan dengan sensitivitas tanaman terhadap intensitas cahaya. Intensitas cahaya tinggi menyebabkan sel-sel daun lebih kecil, tilakoid mengumpul, dan klorofil lebih sedikit, sehingga ukuran daun lebih kecil dan tebal. Selain itu jumlah daun lebih banyak dengan stomata lebih kecil ukurannya dan tekstur daun lebih keras (Buntoro *et al.*, 2014).

Tabel 2. Hasil uji korelasi Spearman pada berbagai variabel pertumbuhan tanaman padi pada kondisi lahan sawah, 2015.

	AN14	AN21	AN28	AN35	AN42	AN49	SPAD14	SPAD21	SPAD28	SPAD35	SPAD42	TI	R21	R35	R49	Id21	Id40	Id55	bot528	bot408	bot558	TD21	TD40	TD55	LPT.1	LPT.2	LAB1	LAB2	marp	harp	ghma	b1000	GGK					
AN14	1	0.54	0.58	0.44	0.26	0.42	0.02	-0.14	0.18	-0.23	-0.26	0.20	0.12	-0.07	-0.44*	-0.10	0.04**	0.22	0.14	0.63*	0.10	0.36	0.04**	-0.15	0.14	-0.15	0.20	-0.42**	0.80	0.17	0.85	0.10	ghma	b1000	GGK			
AN21		1	1.00	0.92**	0.92**	0.79**	0.89**	0.36	-0.28	-0.17	0.23	0.41	0.58	-0.68*	-0.27	0.29	0.30	0.02	0.18	-0.25	-0.28	-0.48	-0.54	-0.40	-0.38	-0.43	-0.74*	-0.55	0.17	-0.20	0.53	-0.15	-0.83**	0.34				
AN28			1	1.00	0.99**	0.89**	0.95**	0.20	-0.29	-0.32	0.12	0.26	0.39	-0.77**	-0.21	-0.01	-0.38	0.26	0.12	-0.13	0.10	-0.54	-0.39	-0.45	-0.65*	-0.24	-0.65*	-0.40	-0.93**	-0.27	0.44	-0.13	0.35	-0.09	-0.82**	0.35		
AN35				1	1.00	0.99**	0.97**	0.16	-0.29	-0.28	0.17	0.27	0.37	-0.64*	-0.12	0.08	-0.35	0.22	0.06	-0.18	0.11	-0.55	-0.38	-0.39	-0.63*	-0.26	-0.67*	-0.35	-0.91**	-0.18	0.43	-0.21	0.28	-0.04	-0.87**	0.29		
AN42					1	1.00	0.96**	0.12	-0.06	-0.16	0.24	0.37	0.15	-0.60	-0.20	0.18	-0.29	0.07	-0.28	-0.54	0.01	-0.52*	-0.59	-0.15	-0.41	-0.06	-0.02**	-0.46	-0.79**	-0.06	0.40	-0.32	0.69	-0.07	-0.82**	0.23		
AN49						1	1.00	0.21	-0.13	-0.24	0.25	0.37	0.26	-0.77**	-0.19	0.18	-0.30	0.18	-0.08	-0.34	0.10	-0.57	-0.45	-0.35	-0.50	-0.20	-0.74*	-0.39	-0.87**	-0.13	0.32	-0.25	0.25	-0.15	-0.85**	0.37		
SPAD14							1	1.00	0.49	0.12	0.79**	0.83**	0.69*	0.40	-0.19	-0.08	-0.2	-0.01	0.46	0.35	0.03	0.12	0.17	-0.01	0.04	-0.48	0.12	-0.43	-0.03	0.59	0.17	0.06	0.47	-0.06	-0.29	0.64*		
SPAD21								1	1.00	0.64**	0.56	0.29	-0.04	0.23	0.01	-0.44	0.17	0.15	-0.39	-0.32	0.29	0.18	0.08	0.23	0.74*	0.35	-0.10	0.06	0.21	0.20	-0.24	0.98	-0.26	0.27	0.12	0.13		
SPAD28									1	1.00	0.20	-0.12	0.13	0.77*	0.23	-0.52	0.48	0.55	-0.24	-0.17	0.68*	0.63*	0.45	0.01	0.72*	0.39	0.23	0.28	0.29	0.37	-0.46*	0.37	-0.20	0.56	0.17	-0.37		
SPAD35										1	1.00	0.82**	0.48	-0.24	0.28	0.13	-0.07	-0.22	0.12	0.10	0.02	-0.09	-0.16	0.32	0.07	-0.46	-0.11	-0.17	-0.04	-0.20	0.29	-0.18	0.04	0.21	-0.43	0.44		
SPAD42											1	1.00	0.53	-0.56	-0.19	0.43	-0.18	-0.41	0.27	0.10	-0.30	-0.16	-0.51	0.28	-0.15	-0.60	-0.07	-0.62**	-0.02	-0.57	0.61	-0.43	0.37	-0.24	-0.44	0.60		
SPAD49												1	1.00	0.23	0.09	-0.18	0.05	0.21	0.76*	0.61	0.23	0.24	0.08	-0.16	-0.40	-0.69*	0.25	-0.39	-0.21	-0.70*	0.16	-0.15	0.66*	0.24	-0.33	0.42		
TI													1	1.00	0.43	-0.38	0.34	0.26	0.27	-0.05	0.39	0.59	0.56	0.26	0.60	0.46	0.43	0.53	0.57	0.40	0.85**	0.27	-0.14	0.69	0.63**	0.62*		
R21														1	1.00	-0.07	0.39	0.06	0.04	0.24	0.37	0.10	0.55	0.17	-0.04	-0.26	0.10	0.65*	0.02	0.40	-0.20	-0.30	0.63	0.06	-0.13			
R35															1	1.00	-0.39	-0.81	0.01	-0.06	-0.72*	-0.31	-0.49	0.48	-0.34	-0.41	0.00	-0.34	0.21	-0.15	0.48	-0.72*	-0.04	-0.42	-0.27	-0.05		
R49																1	1.00	0.41	0.07	0.11	0.61	0.62*	0.55	-0.20	0.32	-0.10	0.40	0.32	0.27	0.11	-0.10	-0.27	0.28	0.09	0.57	0.15		
Id21																	1	1.00	0.09	0.05	0.91**	0.45	0.59	-0.78**	0.22	0.26	0.04	0.34	-0.35	0.21	-0.90	0.49	0.29	0.24	0.01	-0.01		
Id40																		1	1.00	0.94**	0.05	0.37	0.27	-0.33	-0.45	-0.78**	0.60	-0.15	0.02	-0.71*	0.32	-0.11	0.78**	-0.13	0.02	0.45		
Id55																			1	1.00	0.07	0.45	0.48	-0.23	-0.29	-0.68*	0.72*	0.13	0.21	-0.50	0.13	0.82	0.56	0.00	0.20	0.29		
bot528																				1	1.00	0.54	0.72*	-0.62*	0.38	0.12	0.11	0.51	-0.22	0.34	-0.29	0.92	0.18	0.37	0.04	0.00		
bot408																					1	1.00	0.72*	-0.26	0.55	-0.02	0.85**	0.33	0.61	0.02	-0.34	0.23	0.32	0.06	0.51	-0.17		
bot558																						1	1.00	-0.45	0.37	0.01	0.59	0.84**	0.26	0.41	-0.37	0.05	0.27	0.37	0.05	0.27	0.39	-0.21
TD21																								1	1.00	0.10	0.04	-0.04	-0.24	0.48	-0.01	-0.23	-0.30	-0.56	0.30	0.12	-0.27	
TD40																									1	1.00	0.60	0.28	0.39	0.60	0.52	-0.45	0.49	-0.38	0.07	0.43	-0.33	
TD55																										1	1.00	-0.28	0.24	0.10	0.63**	0.61	0.65**	0.17	0.23	-0.61		
LPT.1																											1	1.00	0.23	0.76*	-0.21	-0.18	0.97	0.34	-0.07	0.59	-0.11	
LPT.2																												1	1.00	0.17	0.77**	-0.17	0.37	0.40	0.28	0.28	-0.37	
LAB1																													1	1.00	0.07	-0.32	0.84	-0.18	-0.06	0.67*	-0.34	
LAB2																														1	1.00	-0.14	0.30	-0.74	0.26	0.04	-0.62*	
marp																														1	1.80	-0.55	0.56	-0.74*	-0.34	0.77**		
harp																															1	1.80	-0.27	0.24	0.12	-0.30		
ghma																										</												

Sementara itu, jumlah malai per rumpun dan persentase pengisian gabah diketahui berkorelasi dengan hasil gabah. Jumlah malai per rumpun yang terbentuk secara linier akan dipengaruhi oleh karakter jumlah anakan pada fase anakan aktif, jumlah gabah per malai, bobot daun khas atau ketebalan daun terutama pada saat primordial, dan tinggi tanaman. Sementara itu, tinggi rendahnya tingkat pengisian gabah akan berbanding lurus dipengaruhi oleh bobot daun khas atau ketebalan daun terutama pada saat primordial, luas daun pada fase inisiasi malai (LD40), dan kehijauan daun pada kisaran fase tersebut.

Variabel Kritis Tanaman pada Lahan Tercekam Rendaman.

Satu-satunya variabel yang secara signifikan menunjukkan korelasi terhadap hasil yaitu jumlah malai per rumpun (Tabel 3). Variabel ini berkorelasi positif terhadap tingkat produksinya, sehingga penurunan produksi pada kondisi terendam terus menerus secara nyata disebabkan karena penurunan kemampuan rumpun membentuk malai produktif (Reddy *et al.*, 1985). Selain itu, diketahui pula bahwa jumlah malai yang sedikit akan signifikan diikuti oleh peningkatan jumlah gabah per malai. Jumlah gabah per malai merupakan salah satu indeks penting dalam screening pemuliaan varietas baru (Gong *et al.*, 2018). Lebih lanjut, variabel ini juga nyata dipengaruhi secara linier oleh kemampuan pembentukan anakan selama masa pertumbuhan. Interaksi antara faktor lingkungan dan teknik budidaya dilaporkan signifikan mempengaruhi jumlah anakan yang optimal (Koesmaryono, 1996; Anggraini *et al.*, 2013; Moeller *et al.*, 2014; Agustiani *et al.*, 2018).

Oleh karena itu faktor kunci yang menjadi penentu besar kecilnya penurunan hasil pada kondisi tanaman padi dengan cekaman rendaman terus menerus sejak vegetatif hingga panen adalah kemampuan pembentukan anakan dan jumlah malai per rumpunnya. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan pembentukan jumlah anakan dan jumlah malai per rumpun adalah (1) pengaturan populasi melalui jarak tanam. Di Cina dilaporkan bahwa teknik budidaya untuk produksi hasil tinggi salah satunya dilakukan dengan merubah pola jarak tanam rapat menjadi jarak tanam lebar sehingga diharapkan dapat meningkatkan laju fotosintesa dengan peningkatan persentase malai produktif dan jumlah gabah per malai (Defeng *et al.*, 2002). (2) Mengurangi tinggi malai tanaman. Setter *et al.* (1995) melaporkan bahwa pengurangan tinggi malai tanaman dapat meningkatkan intersepsi cahaya oleh daun selama fase pengisian gabah dan mengurangi kemungkinan terjadinya kerebahan menjelang panen.

Tabel 3. Hasil uji korelasi Spearman pada berbagai variabel pertumbuhan tanaman padi pada kondisi lahan tercekam rendaman, 2015.

[illegible]

KESIMPULAN

Karakter tinggi tanaman, kehijaun daun terutama saat awal vegetatif, laju asimilasi bersih saat primordial hingga pengisian, jumlah malai per rumpun, dan persentase pengisian gabah merupakan variabel kritis pertumbuhan yang mempengaruhi hasil gabah pada kondisi sawah optimal. Sementara itu, jumlah malai per rumpun yang berkorelasi dengan kemampuan pembentukan anakan tanaman merupakan variabel kritis yang mempengaruhi tingkat hasil pada pertanaman padi dengan cekaman rendaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiani, N., Sujinah, dan Z. M. Hikmah., 2018. Kesesuaian Cara Tanam Menurut Elevasi pada Ekosistem Padi Sawah Irigasi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2(3): 145-153.
- Anggraini, Fita., A. Suryanto, N. Aini. 2013. Sistem tanam dan umur bibit pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L) varietas Inpari 13. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 52-61.
- Badano, E. I., L. A. Cavieres, M. A. Molina-Montenegro, and C. L. Quiroz. 2005. Slope aspect influences plant association patterns in the Mediterranean matorral of central Chile. *Journal of Arid Environments*. 62(1): 93-108.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2015. Deskripsi Varietas Padi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Buntoro, B.H., Ching Su, J., 2000. Starch synthesis and grain filling in rice. *Carbohydrate Reserves in Plants: Synthesis and Regulation*. p107-124.
- De Datta, S.K. 1989. Rice. *In* D.L. Plucknett & H.B. Sprague (Eds.) *Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops*. Westview Press, Inc.
- Defeng, Z., C. Shihua, Z. Yuping, and L. Xiaqing., 2002. Tillering patterns and the contribution of tillers to grain yield with hybrid rice and wide spacing. Research Report: China. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development; <http://ciifad.cornell.edu/sri>.
- Fairhurst T, Witt C, Buresh R, dan Dobermann A (eds) (2007) *Rice: a practical guide to nutrient management*, 2nd edn. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute and (Singapore) International Plant

Nutrition Institute and International Potash Institute. [http://www.esiap.org/ppiweb/seasia.nsf/\\$webindex/article=872632A9482570760008A05FC76C1813](http://www.esiap.org/ppiweb/seasia.nsf/$webindex/article=872632A9482570760008A05FC76C1813). Diakses 22 November 2016

- Fukao, T and Bailey-Serres., 2004. Plant responses to hypoxia—is survival a balancing act? *Trends in Plant Science*. 9(9):449-456. [http://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(04\)00176-1?large_figure=true](http://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(04)00176-1?large_figure=true). Diakses pada tanggal 12 Januari 2017.
- Gomez, K.A dan A.A. Gomez., 2010. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian Edisi Kedua*. Bahasa Indonesia. Jakarta: UI Press.
- Gong, L., K.Lin, T. Wang, C. Liu, Z. Yuan, D. Zhang, dan J. Hong., 2018. Image-based on panicle rice (*Oryza sativa* L.) grain counting with a prior edge wavelet correction model. *Agronomy*. 8:91.14p. doi:10.3390/agronomy8060091
- Kato, M., K. Kobayashi, E. Ogiso, and M. Yokoo. 2004. Photosynthesis and dry-matter production during ripening stage in a female-sterile line of rice. *Plant Production Science*. 7(2): 184-188.
- Koesmaryono, Y. 1996. Studies on photosynthesis, growth and yield of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in relation to climatological environment. *Dissertation*. United Graduated School of Agricultural Science. Matsuyama (Japan): Ehime University.
- Michael, R. A. A. 2008. Studies on some agronomic traits of Nerica 1 and Nerica 5 under upland and irrigated lowland environments: Characteristics of Nerica in two different ecosystem. Master Degree Dissertation. Utsunomiya University. 1-78.
- Moles, A.T., D. I. Warton, L. Warman, N.G. Swenson, S. W. Laffan, A. E. Zanne, A. Pitman, F.A. Hemmings, and M.R. Leishman. 2009. Global pattern in plant height. *Journal of Ecology*. 10p. doi: 10.1111/j.1365-2745.2009.01526.
- Moller, C., J. B. Evers, and G. Rebetzke. 2014. Canopy architectural and physiological characterization of near isogenic wheat lines differing in the tiller inhibition gene *tin*. *Frontiers in Plant Science* 5 (617): 1-14. doi: 10.3389/fpls.2014.00617
- Nugraha, Y et al. 2013 Response of Sub1 introgression lines of rice to various flooding conditions. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 14(1): 15-26.

- Nugraha, Y et al. 2017 . Phenotypic performance of Ciherang SUB1 near isogenic line as an adaptive variety for flooding conditions.” *Indonesian Journal of Agricultural Science* 18(1): 7-16.
- Rachman, T., 2016. Kementan: Sawah banjir belum tentu puso. www.republika.co.id. Diakses pada tanggal 12 Januari 2017.
- Reddy, B.B., B.C. Ghosh, dan M.M. Panda. 1985. Flood tolerance of rice at diferent crop growth stages as affected by fertilizer application. *Plant and Soil*. 85(2):255-263.
- Sarkar,R.K., D. Panda, J.N. Reddy, S.S.C. Patnaik, D.J. Mackill, and A. M. Ismail. 2009. Performance of submergence tolerant rice (*Oryza sativa*) genotypes carrying the *Sub1* quantitative trait locus under stressed and non-stressed natural field conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 79 (11): 876-83.
- Setter, T.L., E.A. Conocono, J.A. Egdane, and M.J. Kroff. 1995. Possibility of Increasing Yield Potential of Rice by Reducing Panicle Height in the Canopy. I. Effects of Panicles on Light Interception and Canopy Photosynthesis. *Aust. J. Plant Physiol* (22): p441-51.
- Singh, S., D.J. Mackill, and A.M. Ismail. 2011. Tolerance of longer-term partial stagnant flooding is independent of the *Sub1* locus in rice. *Field Crops Research* 121 (2011) 311-323.
- Vergara, GV., et al 2014. Variation in tolerance of rice to long-term stagnant flooding that submerges most of the shoot will aid in breeding tolerant cultivars.” *AoB Plants* 6.
- Zhang, Hao.,Y.Xue, Z. Wang, J. Yang, J. Zhang. 2009. Morphological and physiological traits of roots and their relationships with shoot growth in “super” rice. *Field Crops Research* 113: 31-40.