

Evaluasi Galur-galur Padi Sawah Dihakloid Hasil Kultur Antera Menggunakan Seleksi Indeks

Evaluation of Doubled Haploid Rice Lines Derived from Anther Culture Using Index Selection

Cucu Gunarsih^{1,2}, Bambang Sapta Purwoko^{3*}, Iswari Saraswati Dewi⁴, Willy Bayuardi Suwarno³, dan Nafisah²

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

²Balai Besar Penelitian Padi, Sukamandi, Jl. Raya IX, Sukamandi Subang, Indonesia

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

⁴Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111, Indonesia

Diterima 10 Februari 2022/Disetujui 14 April 2022

ABSTRACT

Plant breeders performed multi-trait selection using a suitable method, one of which is selection index. A multivariate analysis may be used for developing a selection index model. The objective of this experiment was to select doubled haploid rice lines with high yield potential and good agronomic characters based on the selection index. The experiment was carried out using a single factor completely randomized design with three replications, from August 2018 to December 2019. The study included 89 doubled haploid (DH) lines derived from anther culture as well as four check varieties (Ciherang, Inpari 30 Ciherang Sub1, Inpari 41, and Inpari 35 Agritan). Development of selection index model considered the results of analysis of variance, correlation analysis, path analysis, principal component analysis, and aimed plant ideotype. The findings revealed that there was variation in agronomic traits and yield among the DH lines tested. The selection index model can be formulated as I (index value) = 3×0.75 yield + 0.85 total grain per panicle – 0.85 plant height. Based on this model, 85 lines had index value and yield higher than Inpari 41. The selected DH lines were included in the subsequent field evaluation.

Keywords: correlation, heritability, path analysis, variability

ABSTRAK

Pemulia tanaman melakukan seleksi multi-karakter dengan metode yang sesuai, salah satunya adalah indeks seleksi. Analisis multivariat dapat digunakan dalam menyusun model indeks seleksi. Percobaan ini bertujuan untuk menyeleksi galur-galur dihakloid dengan potensi hasil yang tinggi dan memiliki penampilan agronomi baik berdasarkan indeks seleksi. Percobaan dilakukan pada bulan Agustus 2018 sampai dengan September 2019 menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan dan satu faktor yaitu genotipe. Genotipe yang diuji ialah 89 galur dihakloid padi sawah hasil kultur antera ditambah 4 varietas pembanding (Ciherang, Inpari 30 Ciherang Sub1, Inpari 41, dan Inpari 35 Agritan). Unit percobaan adalah satu bibit per pot. Model indeks seleksi disusun dengan mempertimbangkan hasil analisis ragam, analisis korelasi, analisis lintas, analisis komponen utama, dan ideotipe tanaman yang dituju. Hasil studi ini mengungkapkan bahwa terdapat keragaman sifat agronomi yang diuji dari galur-galur dihakloid. Model seleksi indeks yang disusun adalah sebagai berikut: I (nilai indeks) = 3×0.75 hasil + 0.85 jumlah gabah total per malai – 0.85 tinggi tanaman. Berdasarkan model tersebut, diperoleh 85 galur dengan nilai indeks dan produksinya lebih tinggi dibandingkan Inpari 41. Galur-galur dihakloid terpilih diikutsertakan pada pengujian berikutnya di lapangan.

Kata kunci: heritabilitas, korelasi, sidik lintas, variabilitas

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan utama penduduk Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari produksi beras Indonesia

untuk konsumsi pangan penduduk mencapai 31.3 juta ton pada tahun 2021 yang mengalami penurunan sebanyak 140.7 ribu ton dibandingkan tahun 2020 (BPS 2021). Disisi lain, jumlah penduduk Indonesia tahun 2020 mencapai 270.2 juta jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk per tahun 1.3% (BPS, 2020). Upaya untuk memenuhi kebutuhan pangan dan laju jumlah penduduk yang tiap tahun meningkat dibutuhkan

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

perluasan areal tanam dan peningkatan produktivitas. Ketersediaan varietas unggul padi dengan produktivitas tinggi yang tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman padi baik di lahan optimum maupun lahan sub optimum.

Produksi tanaman dihaploid dengan kultur antera mempercepat program pemuliaan tanaman (Kaushal *et al.*, 2015; Mishra dan Rao, 2016). Proses persilangan dan seleksi pada pemuliaan tanaman padi membutuhkan waktu 8 sampai 10 generasi untuk mendapatkan galur murni dari populasi yang heterogen. Pemanfaatan sistem haploid mampu mempersingkat waktu hanya satu sampai dua generasi saja sehingga diperoleh galur murni (Dewi *et al.*, 1996). Kultur antera dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi kegiatan seleksi dan meminimalkan dana, durasi kegiatan dan sumber daya manusia (Dewi dan Purwoko, 2012). Teknologi kultur antera merupakan teknologi berbasis bioteknologi *in vitro* yang dapat mempercepat perolehan galur murni homozigot. Teknik kultur antera telah terbukti mampu mengakselerasi program perakitan galur-galur padi sawah dan gogo yang toleran cekaman abiotik, meliputi toleran naungan (Mara *et al.*, 2015), toleran salinitas (Safitri *et al.*, 2016; Anshori *et al.*, 2019), dan toleran kekeringan (Gunarsih *et al.*, 2016; Dewi *et al.*, 2017). Galur-galur murni yang telah dihasilkan perlu dilakukan seleksi untuk memilih sejumlah galur dengan produktivitas tinggi dan karakter-karakter target seleksi lainnya.

Seleksi tanaman yang memiliki produktivitas tinggi lebih efektif jika dilakukan dengan memperhatikan karakter lain yang mempengaruhinya (Falconer dan Mackay, 1996). Seleksi dapat dilakukan terhadap sejumlah karakter secara bersama (*multiple trait selection*), salah satunya dengan memanfaatkan indeks seleksi. Penelitian ini mengkombinasikan pendekatan morfologi dengan statistik, sehingga masih dikategorikan relevan dan efektif dalam menyeleksi sejumlah galur dihaploid. Pendekatan ini memadukan sejumlah karakter utama dengan pembobot yang merupakan nilai prioritas dari setiap karakter tersebut (Islam *et al.*, 2017). Nilai pembobot digunakan dalam indeks seleksi pada analisis multivariat (Samonte *et al.*, 2013, Anshori *et al.*, 2021). Percobaan ini bertujuan untuk menyeleksi galur-galur dihaploid dengan potensi hasil tinggi, dan memiliki penampilan agronomi yang baik berdasarkan indeks seleksi.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Rumah Kaca Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Bogor dengan titik koordinat -6°34'31", 106°47'8", pada bulan Agustus sampai dengan Desember 2019. Genotipe yang digunakan adalah 89 galur dihaploid padi sawah dan 4 varietas pembanding (Ciherang, Inpari 30 Ciherang Sub1, Inpari 41 dan Inpari 35 Agritan). Keempat varietas pembanding ini masing-masing mewakili varietas yang banyak ditanam petani, varietas yang memiliki keunggulan toleran terhadap cekaman rendaman, cekaman kekeringan dan cekaman salinitas. Delapan kombinasi

persilangan yang digunakan yaitu, CGH1 (HS4-11-1-2/B13926E-KA-23) sebanyak 14 galur; CGH2 (HS4-11-1-2/CG8-93-1-1) sebanyak 19 galur; CGH3 (DR5-83-1-3/IR86384-46-3-1-B) sebanyak satu galur; CGH4 (DR5-83-1-3/B13926E-KA-23) sebanyak 15 galur; CGH5 (FL478/B13926E-KA-23) sebanyak 10 galur; CGH6 (Inpari 30 Ciherang Sub 1/DR5-83-1-3) sebanyak 5 galur; CGH7 (IR64 Dro1/IR86384-46-3-1-B) sebanyak 11 galur; dan CGH8 (IR64 Dro1/HS4-11-1-2) sebanyak 14 galur.

Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga ulangan dan satu faktor yaitu genotipe. Unit percobaan merupakan satu bibit per pot. Bibit padi disemai dalam bak yang berisi lumpur. Bibit dipindah tanam ke dalam pot yang berisi tanah sawah setelah berumur 21 hari dengan komposisi 1 bibit per pot. Tanaman dipupuk dengan 250 kg ha⁻¹ (1.56 g per pot) Urea, 100 kg ha⁻¹ (0.63 g per pot) SP36 dan 100 kg ha⁻¹ (0.63 g per pot) KCl. Pupuk urea diberikan secara bertahap dengan proporsi 1/3 dosis pada awal tanam, 28 hari setelah tanam (HST) dan pada umur 49 HST. Pemeliharaan tanaman dilakukan berdasarkan budidaya padi sawah (Wahab *et al.*, 2017).

Pengamatan karakter agronomi meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, umur 50% berbunga, umur panen, panjang malai, jumlah gabah isi dan gabah hampa per malai, persentase gabah isi, bobot 1,000 butir gabah bernas, dan hasil gabah per rumpun. Analisis data yang dilakukan ialah perhitungan komponen ragam, koefisien keragaman genetik (KKG), nilai heritabilitas arti luas, analisis korelasi, analisis sidik lintas (Singh dan Chaudary, 2007), dan analisis komponen utama (Godshalk dan Timothy, 1988). Penentuan indeks seleksi terboboti berdasarkan Falconer dan Mackay (1996). Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak R versi 4.1.0 dan Minitab 18.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Ragam, Heritabilitas, dan Korelasi Galur Padi Dihaploid

Analisis ragam memperlihatkan bahwa genotipe berpengaruh nyata dan sangat nyata terhadap semua karakter yang diamati, kecuali karakter panjang malai dan persentase gabah isi per malai. Nilai koefisien keragaman (KK) dari beberapa karakter yang diuji kisaran 0-20.7%, termasuk relatif kecil (Tabel 1). Peningkatan nilai KK suatu karakter mengindikasikan keragaman karakter tersebut lebih didominasi oleh galat lingkungannya (Delgado *et al.*, 2019).

Seluruh karakter yang diamati menunjukkan keragaman genetik yang luas kecuali pada karakter persentase gabah isi (Tabel 2). Latar belakang kombinasi tetua-tetua persilangan yang berbeda-beda, menyebabkan galur-galur dihaploid memiliki keragaman genetik yang luas. Populasi yang diuji merupakan sekumpulan individu dengan konstitusi genetik homozigos heterogenous. Adanya keragaman muncul antar galur, sementara di dalam galur telah seragam (Dewi dan Purwoko, 2012). Kisaran nilai

Tabel 1. Analisis ragam dari galur-galur padi dihaploid

Karakter	Rata-rata	Kuadrat tengah genotipe	Koefisien keragaman (%)
Tinggi tanaman (cm)	115.9	677.8**	6.5
Jumlah anakan produktif [#]	28.2	1.0**	12.9
Umur 50% berbunga (HSS)	83.7	129.8**	0.0
Umur panen (HSS)	127.5	92.6**	4.9
Panjang malai (cm)	29.1	37.8ns	19.4
Jumlah gabah isi per malai [#]	122.2	6.2**	15.2
Jumlah gabah hampa per malai [#]	75.2	6.7**	20.7
Jumlah gabah total per malai [#]	198.3	8.2**	9.9
Persentase gabah isi per malai (%) [#]	61.8	0.9ns	11.3
Bobot 1,000 butir (g)	23.1	5.9*	9.1
Hasil gabah per rumpun (g) [#]	54.1	3.2**	18.9

Keterangan: ** berpengaruh nyata pada taraf $\alpha = 1\%$; * berpengaruh nyata pada taraf $\alpha = 5\%$; ns tidak berpengaruh nyata, # data ditransformasi menggunakan akar kuadrat. HSS = Hari Setelah Semai

KKG pada karakter-karakter yang diamati antara 5.3-44.8%. Salah satu kriteria seleksi terhadap karakter-karakter yang diamati dengan memanfaatkan nilai KKG tinggi. Nilai KKG yang tinggi dapat digunakan sebagai tolak ukur seleksi yang efektif dalam memilih tanaman padi dihaploid yang memiliki agronomi baik, serta berdaya hasil tinggi (Syafii *et al.*, 2018; Akhmadi *et al.*, 2017).

Heritabilitas sangat menentukan keberhasilan seleksi untuk lingkungan yang sesuai, karena dapat memberikan gambaran suatu sifat dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungan. Kisaran nilai heritabilitas dari karakter-karakter yang diamati antara 7.30-100% (Tabel 2). Semua karakter yang diamati menunjukkan nilai heritabilitas tinggi kecuali karakter bobot 1,000 butir yang bernilai sedang, sedangkan

karakter panjang malai dan persentase gabah isi per malai bernilai rendah. Tingginya heritabilitas tersebut disebabkan nilai ragam genetik yang besar. Hal ini merupakan pengaruh dari individu-individu yang diuji hasil kultur antera berasal dari individu F_1 yang memiliki keragaman latar belakang genetiknya. Rendahnya nilai heritabilitas memberikan gambaran bahwa karakter-karakter tersebut relatif dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Penelitian serupa dilaporkan oleh Akbar *et al.* (2019) dan Alsabah *et al.* (2019) bahwa hampir semua karakter yang diuji pada galur-galur dihaploid memberikan nilai heritabilitas yang tinggi. Anshori *et al.* (2018) melaporkan bahwa seluruh karakter pada populasi padi dihaploid berpotensi sebagai kriteria seleksi dengan nilai heritabilitas diatas 60%. Nilai

Tabel 2. Nilai komponen ragam dan heritabilitas beberapa karakter galur-galur padi dihaploid

Karakter	σ_g^2	σ_p^2	KKG	$2\sigma\sigma_g^2$	Kriteria variabilitas	h_{bs}^2 (%)	Kriteria heritabilitas
Tinggi tanaman (cm)	620.9	677.8	21.5	66.03	Luas	91.6	Tinggi
Jumlah anakan produktif	56.8	659.9	26.8	11.4	Luas	51.3	Tinggi
Umur 50% berbunga (HSS)	129.8	110.7	13.6	12.6	Luas	100.0	Tinggi
Umur panen (HSS)	53.1	129.8	5.7	9.4	Luas	57.3	Tinggi
Panjang malai (cm)	5.7	92.6	8.2	4.3	Luas	15.2	Rendah
Jumlah gabah isi per malai	1,952.0	37.8	36.1	369.3	Luas	54.1	Tinggi
Jumlah gabah hampa per malai	1,133.6	3,611.0	44.8	211.5	Luas	54.7	Tinggi
Jumlah gabah total per malai	5,125.0	2,071.1	36.1	682.8	Luas	74.2	Tinggi
Persentase gabah isi per malai (%)	14.2	6,907.0	6.1	22.7	Sempit	7.3	Rendah
Bobot 1,000 butir (g)	1.5	195.2	5.3	0.6	Luas	25.2	Sedang
Hasil gabah per rumpun (g)	274.3	5.9	30.6	69.5	Luas	41.6	Tinggi

Keterangan: KKG = koefisien keragaman genetik; σ_g^2 = ragam genetik; σ_p^2 = ragam fenotipe; h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas; $2\sigma\sigma_g^2 = 2x$ standar deviasi ragam genetik

duga heritabilitas yang diperoleh bervariasi dari rendah sampai tinggi untuk karakter-karakter yang diamati (Rafii *et al.*, 2014).

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa seluruh karakter bernilai korelasi positif dan sangat nyata dengan hasil gabah kecuali panjang malai dan jumlah gabah hampa per malai (Tabel 3). Karakter bernilai koefisien positif dan nyata berpeluang digunakan sebagai karakter kriteria seleksi, sebab jika terjadi kenaikan nilai pada karakter tersebut akan berkorelasi positif dengan kenaikan pada karakter hasil. Hal ini mengindikasikan bahwa kenaikan pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, umur 50% berbunga, umur panen, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah total per malai, persentase gabah isi per malai dan bobot 1,000 butir berkontribusi terhadap kenaikan hasil gabah. Thippani *et al.* (2017) dan Fazaa *et al.* (2016) melaporkan bahwa hasil berkorelasi positif dan nyata dengan umur berbunga, jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, dan panjang malai. Keberhasilan seleksi sangat dipengaruhi oleh karakter-karakter yang berkorelasi positif juga nyata dengan hasil.

Berdasarkan analisis sidik lintas, karakter jumlah gabah total per malai memiliki nilai pengaruh langsung terbesar, diikuti oleh karakter jumlah anakan produktif, persentase gabah isi per malai, tinggi tanaman, dan bobot 1,000 butir (Tabel 4). Karakter komponen hasil yang memiliki pengaruh langsung yang besar terhadap koefisien korelasi hasil secara tidak langsung dapat digunakan untuk perbaikan karakter hasil. Oladosu *et al.* (2018) dan Tirtana *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa jumlah gabah isi per malai berpengaruh langsung tertinggi terhadap produktivitas. Bobot 1,000 butir serta jumlah anakan per rumpun merupakan kriteria seleksi yang efektif untuk peningkatan hasil (Aker *et al.*, 2018). Karakter yang memiliki variabilitas luas, heritabilitas tinggi, kemajuan genetik tinggi, berkorelasi positif dan nyata serta memberikan pengaruh langsung positif yang besar dengan hasil, dapat dijadikan kriteria

seleksi untuk produktivitas (Sudeepthi *et al.*, 2020; Bhor *et al.*, 2020).

Nilai sisa pada model sidik lintas sebesar 0.42. Model dengan menggunakan karakter-karakter tersebut telah mampu menjelaskan hubungan komponen yang mempengaruhi hasil gabah sebesar 0.58. Berdasarkan hasil analisis korelasi dan sidik lintas, maka karakter tinggi tanaman dan jumlah gabah total berkontribusi terhadap pengaruh langsung yang besar juga berkorelasi positif dan nyata dengan hasil gabah, maka karakter terpilih tersebut dapat dimanfaatkan sebagai syarat seleksi galur-galur dihaploid untuk meningkatkan produktivitasnya.

Penentuan Model Indeks Seleksi pada Galur-galur Padi Dihaploid

Analisis komponen utama (*principal component analysis*) menunjukkan bahwa terdapat empat komponen utama (PC) yang mempunyai nilai eigen lebih dari satu (Tabel 5). Model yang representatif sebagai indeks seleksi ditunjukkan dengan nilai eigen lebih dari satu. Hal ini menunjukkan tingginya keragaman yang dapat dijelaskan (Mattjik dan Sumertajaya, 2011). Model yang tepat dipilih berdasarkan nilai PC dari karakter utama (Kumar *et al.*, 2016). Karakter utama pada penelitian ini difokuskan pada hasil gabah. PC 1 terlihat nilai hasil gabah paling tinggi dibandingkan 3 PC lainnya. Begitupun pada dua karakter terpilih sebagai kriteria seleksi yaitu karakter tinggi tanaman dan jumlah gabah total per malai, masing-masing memiliki nilai PC yang relatif lebih tinggi dibandingkan PC lainnya. Hasil analisis PC dapat digunakan sebagai indeks seleksi dengan pembobotan bersumber pada nilai PC setiap karakter. Karakter hasil diberikan pembobotan lebih tinggi dibanding dua karakter lainnya. Diharapkan dengan peningkatan kontribusi jumlah gabah total per malai serta postur tanaman yang ideal (tidak terlalu tinggi) akan meningkatkan hasil dan mengurangi kerebahan.

Tabel 3. Korelasi Pearson antar karakter komponen hasil dan hasil pada galur-galur padi dihaploid

Karakter	TT	JAP	UB	UP	PM	JGI	JGH	JGT	PGI	BSB
JAP	-0.1tn									
UB	0.3**	0.2tn								
UP	0.4**	0.1tn	0.7**							
PM	0.3*	-0.3**	0.0tn	0.0tn						
JGI	0.5**	-0.2*	0.1tn	0.3*	0.3*					
JGH	0.5**	0.0tn	0.0tn	0.1tn	0.3**	0.2*				
JGT	0.7**	-0.2tn	0.1tn	0.2*	0.3**	0.9**	0.7**			
PGI	-0.1tn	-0.1tn	0.0tn	0.1tn	-0.2tn	0.4**	-0.8**	-0.2tn		
BSB	0.4**	0.2*	0.2tn	0.1tn	0.1tn	0.1tn	-0.1tn	0.1tn	0.1tn	
PRD	0.6**	0.4**	0.3**	0.4**	0.0tn	0.6**	0.1tn	0.5**	0.3**	0.5**

Keterangan: **berkorelasi nyata pada $\alpha = 0.01$; *berkorelasi nyata pada $\alpha = 0.05$; ^{tn}tidak nyata; TT = tinggi tanaman; JAP = jumlah anakan produktif; UB = umur 50% berbunga; UP = umur panen; PM = panjang malai; JGI = jumlah gabah isi per malai; JGH = jumlah gabah hampa per malai; JGT = jumlah gabah total per malai; PGI = persentase jumlah gabah isi per malai; BSB = bobot 1,000 butir; PRD = hasil gabah per rumpun

Tabel 4. Pengaruh langsung dan tak langsung beberapa karakter terhadap hasil

Karakter	Pengaruh langsung	Pengaruh tak langsung								Korelasi thd. hasil
		TT	JAP	UB	UP	JGI	JGT	PGI	BSB	
TT	0.3		-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.4	0.0	0.1	0.6**
JAP	0.5	0.0		0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.1	0.4**
UB	0.0	0.1	0.1		0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3**
UP	0.1	0.1	0.1	0.0		0.0	0.1	0.0	0.0	0.4**
JGI	-0.2	0.2	-0.1	0.0	0.0		0.5	0.2	0.0	0.6**
JGT	0.6	0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1		-0.1	0.0	0.5**
PGI	0.5	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1		0.0	0.3**
BSB	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		0.5**
RE	0.4									

Keterangan: ** berkorelasi nyata pada taraf $\alpha = 0.01$; TT = tinggi tanaman; JAP = jumlah anakan produktif; UB = umur 50% berbunga; UP = umur panen; PM = panjang malai; JGI = jumlah gabah isi per malai; JGH = jumlah gabah hampa per malai; JGT = jumlah gabah total per malai; PGI = persentase gabah isi per malai; BSB = Bobot 1,000 butir; RE = pengaruh galat

Tabel 5. Analisis komponen utama (KU) karakter-karakter galur padi dihaploid

Karakter	KU 1	KU 2	KU 3	KU 4	KU 5
Tinggi tanaman (cm)	0.9	-0.1	0.1	0.0	0.1
Jumlah anakan produktif	0.0	0.5	0.6	0.4	-0.2
Umur 50% berbunga (HSS)	0.4	0.4	0.4	-0.6	0.1
Umur panen (HSS)	0.6	0.4	0.3	-0.5	-0.1
Panjang malai (cm)	0.3	-0.5	-0.2	-0.2	0.6
Jumlah gabah isi per malai	0.8	0.0	-0.5	0.1	-0.2
Jumlah gabah hampa per malai	0.5	-0.7	0.4	0.1	-0.1
Jumlah gabah total per malai	0.9	-0.4	-0.2	0.1	-0.3
Persentase gabah isi per malai (%)	0.0	0.7	-0.7	0.0	0.0
Bobot 1,000 butir (g)	0.4	0.4	0.2	0.5	0.6
Hasil gabah per rumpun (g)	0.8	0.5	0.0	0.4	-0.1
Standar deviasi	1.9	1.5	1.27	1.1	0.94
Proporsi keragaman	32.8	20.3	14.7	11	8.0
Proporsi kumulatif	32.8	53.1	67.8	78.8	86.9
Nilai eigen	3.6	2.2	1.6	1.2	0.9

Sadimantara *et al.* (2021) melaporkan bahwa persentase gabah isi per malai, bobot gabah per malai dan bobot 1,000 butir merupakan karakter utama yang berkaitan dengan hasil, sehingga dapat digunakan syarat seleksi untuk perbaikan potensi genetik karakter hasil.

Berdasarkan nilai PC tertinggi pada karakter hasil gabah per rumpun maka disusun model seleksi indeks sebagai berikut: $I = 3 \times 0.75$ hasil $+0.85$ jumlah gabah total per malai -0.85 tinggi tanaman. Pembobotan untuk karakter produktivitas diberikan 3 kali lebih besar dibandingkan dua karakter lainnya, dengan tujuan untuk mengoptimalkan model seleksi indeks. Anshori *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa model disusun dari penggabungan antara koefisien karakter dengan pembobot berdasarkan nilai ekonomi

karakter tersebut. Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai indeks terboboti yang tertinggi oleh galur G56, sementara nilai yang terendah oleh galur G77. Berdasarkan nilai indeks pembobotan, penampilan agronomi dan hasil gabahnya lebih tinggi dibanding Inpari 41, terpilih 85 galur dihaploid. Karakteristik dari delapan puluh lima galur tersebut diantaranya ialah memiliki tinggi tanaman antara 83.5-159.3 cm, jumlah gabah total per malai antara 121.3-329.4 biji, dan bobot per rumpun antara 34.73-99.49 g. Kedelapan puluh lima galur dihaploid terpilih akan diikutsertakan pada pengujian berikutnya. Sementara, peneliti lain melaporkan bahwa telah terseleksi sebanyak 60 galur padi rawa berdasarkan indeks seleksi dengan pembobot yang berasal dari pengaruh langsungnya (Wening *et al.*, 2018).

Tabel 6. Hasil seleksi indeks pada galur-galur padi dihaploid

G	Rata-rata				G	Rata-rata				G	Rata-rata			
	TT (cm)	JGT	PRD (g)	I		TT (cm)	JGT	PRD (g)	I		TT (cm)	JGT	PRD (g)	I
G56	142.7	329.4	99.5	9.3	G42	123.2	208.8	62.6	1.0	G38	118.2	189.7	50.3	-1.1
G37	112.0	288.5	72.9	6.4	G74	115.8	171.9	67.0	1.0	G69	93.5	131.0	49.5	-1.2
G47	132.3	315.7	73.9	5.8	INP30	111.0	166.8	64.9	0.9	G17	102.7	209.3	35.4	-1.3
G50	120.6	275.0	69.3	4.6	G60	119.0	186.5	64.4	0.9	G34	159.3	229.3	62.4	-1.3
G48	116.8	266.9	68.2	4.5	G57	137.8	184.5	74.4	0.7	G88	93.8	186.8	35.3	-1.4
G65	121.5	249.1	72.2	4.1	G05	127.2	242.2	54.2	0.6	G19	104.5	166.4	43.9	-1.7
G45	136.7	308.9	66.5	4.0	G06	124.5	236.8	53.3	0.5	G70	83.5	121.3	42.4	-1.7
G63	132.7	196.0	88.6	3.7	G76	132.7	212.3	62.7	0.4	CHR	104.5	147.9	47.9	-1.8
G62	111.3	221.5	68.5	3.4	G23	117.2	195.6	57.7	0.3	G12	109.8	146.9	49.5	-2.0
G28	146.0	301.5	68.6	3.3	G41	123.7	183.3	64.0	0.3	G85	101.5	157.1	41.3	-2.2
G58	138.5	207.1	83.1	2.8	G72	92.8	136.5	57.0	0.2	G53	113.3	154.8	47.6	-2.3
G61	110.7	190.7	71.2	2.8	G21	121.7	216.7	53.2	0.0	G71	88.3	125.5	40.3	-2.3
G79	101.2	228.8	55.1	2.5	G32	139.2	231.9	59.3	0.0	G55	111.7	152.7	46.0	-2.5
G20	119.2	244.4	61.5	2.5	G27	139.0	236.3	58.0	0.0	G35	106.7	153.0	42.6	-2.6
G15	100.8	224.6	54.9	2.3	G22	97.8	207.9	41.3	-0.1	G84	109.0	161.1	41.5	-2.6
G59	132.3	201.9	77.6	2.3	G11	108.8	143.5	62.3	-0.1	G04	124.0	188	43.5	-2.7
G89	106.2	190.3	65.4	2.3	G29	138.8	243.3	55.6	-0.1	G52	106.8	148.6	42.6	-2.7
G18	105.8	228.1	56.4	2.3	G09	107.0	155.9	57.7	-0.2	G86	99.7	160.0	35.9	-2.7
G26	145.7	286.9	64.4	2.2	G66	87.2	151.3	47.5	-0.2	G08	103.8	173.7	34.7	-2.8
G40	127.2	205.7	72.9	2.2	G67	95.3	156.2	50.9	-0.2	G90	118.3	177.7	41.0	-2.9
INP35	129.7	188.1	77.6	2.0	G30	138.7	273.3	47.5	-0.3	G83	102.0	160.3	34.9	-3.1
G44	116.5	243.8	55.3	1.8	G31	112.0	229.9	42.6	-0.3	G10	104.2	130.5	42.8	-3.1
G01	126.3	257.8	57.5	1.7	G14	121.2	152.1	65.8	-0.3	G87	107.3	152.1	37.4	-3.4
G51	128.0	196.6	72.2	1.7	G03	119.8	191.9	53.5	-0.7	G68	92.5	127.5	31.9	-3.9
G16	103.2	207.1	55.9	1.7	G54	117.7	140.0	64.3	-0.7	G82	115.3	190.3	27.8	-4.2
G49	120.2	259.4	53.0	1.6	G13	99.3	198.9	40.0	-0.7	INP41	95.0	131.0	29.7	-4.3
G36	107.0	178.1	64.0	1.5	G07	115.2	186.6	51.0	-0.8	G39	119.9	169.1	33.7	-4.5
G24	111.7	224.9	54.5	1.4	G78	106.7	195.5	43.2	-1.0	G80	116.0	193.0	25.8	-4.5
G64	127.7	200.5	69.1	1.4	G75	118.2	161.9	57.5	-1.0	G81	115.7	189.9	26.1	-4.5
G25	143.3	259.5	63.8	1.3	G02	108.0	184.2	46.4	-1.0	G73	104.2	126.4	34.2	-4.6
G46	128.2	289.1	48.0	1.2	G43	131.0	187.7	58.2	-1.0	G77	106.3	155.3	19.0	-6.0
										Rataan	115.9	198.3	54.2	

Keterangan: G = genotipe; TT = tinggi tanaman; JGT = jumlah gabah total per malai; PRD = hasil gabah per rumpun; I = indeks seleksi; INP = Inpari, CHR = Ciherang.

KESIMPULAN

Terdapat keragaman karakter komponen hasil dan hasil di antara galur-galur dihaploid yang diuji. Hasil gabah per rumpun berkorelasi positif sangat nyata dengan seluruh karakter yang diamati, kecuali dengan karakter panjang malai dan jumlah gabah hampa per malai. Hasil sidik lintas menunjukkan bahwa karakter tinggi tanaman, jumlah anakan

per rumpun, jumlah gabah total per malai, persentase gabah isi per malai, dan bobot 1,000 butir mempunyai pengaruh langsung yang besar terhadap hasil. Model seleksi indeks adalah: I (nilai indeks) = 3×0.75 hasil + $0.85 \times$ jumlah gabah total per malai - $0.85 \times$ tinggi tanaman. Berdasarkan model tersebut, diperoleh 85 galur dengan nilai indeks dan produksi yang lebih tinggi dibandingkan Inpari 41. Galur-galur terpilih diikutsertakan pada pengujian di lapang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian atas pembiayaan penelitian ini, melalui Program Bantuan Dana Penelitian Petugas Belajar Tahun Anggaran 2019 dan beasiswa kepada penulis pertama.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, G., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, D. Wirnas. 2017. Pemilihan karakter agronomi untuk seleksi pada galur-galur padi dihaploid hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 45:1-8.
- Akbar, M.R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno, Sugiyanta. 2019. Penentuan indeks seleksi untuk galur dihaploid padi sawah tadah hujan berdaya hasil tinggi. *J. Agron. Indonesia* 47:111-118.
- Akter, N., M. Khalequzzaman, M.Z. Islam, M.A.A. Mamun, M.A.Z. Chowdhury. 2018. Genetic variability and character association of quantitative traits in jhum rice genotypes. *SAARC J. Agri.* 16:193-203.
- Alsabah, R., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, Y. Wahyu. 2019. Selection index for selecting promising doubled haploid lines of black rice. *SABRAO J. Breed. Genet.* 5:430-441.
- Anshori, M.F., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, S.W. Ardie, W.B. Suwarno. 2021. A new approach to select doubled haploid rice lines under salinity stress using indirect selection index. *Rice Sci.* 28:368-378.
- Anshori, M.F., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno, S.W. Ardie. 2019. Cluster heatmap for detection of good tolerance trait on doubled-haploid rice lines under hydroponic salinity screening. *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.* 484:1-7.
- Anshori, M.F., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, S.W. Ardie, W.B. Suwarno, H. Safitri. 2018. Heritabilitas, karakterisasi, dan analisis clustergram galur-galur padi dihaploid hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 46:119-125.
- Bhor, T.J., N.V. Kashid, S.M. Kadam. 2020. Genetic variability, character association and path analysis studies for yield components traits in promising rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 9:1953-1956.
- Delgado, I.D., F.M.A. Gonçalves, R.A. da C. Parrella, F.M.R. de Castro, J.A.R. Nunes. 2019. Genotype by environment interaction and adaptability of photoperiod-sensitive biomass sorghum hybrids. *Bragantia* 78:509-521.
- Dewi, I.S., M. Syafii, B.S. Purwoko, W.B. Suwarno. 2017. Efficient indica rice anther culture derived from three-way crosses. *Sabrao J. Breed. Genet.* 49:336-345.
- Dewi, I.S., B.S. Purwoko. 2012. Kultur antera untuk percepatan perakitan varietas padi di Indonesia. *J. Agro Biogen* 8:78-88.
- Dewi, I.S., I. Hanarida, S. Rianawati. 1996. Anther culture and its application for rice improvement program in Indonesia. *Indon. Agric. Res. Dev. J.* 18:51-56.
- Fazaa, M., A.E.L. Sabagh, G. Anis, I. El-Rewainy, C. Barutçular, R. Hatipoglu, M.S. Islam. 2016. The agronomical performances of doubled haploid lines of rice (*Oryza sativa* L.) derived from anther culture. *J. Agric. Sci.* 8:177-183.
- Falconer, D.S., T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics (4th edition). Longman. New York, USA.
- Godshalk, E.B., D.H. Timothy. 1988. Factor and principal component analyses as alternatives to index selection. *Theor. Appl. Genet.* 76:352-360.
- Gunarsih, C., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, M. Syukur. 2016. Regenerasi dan aklimatisasi kultur antera enam persilangan F1 padi sawah. *J. Agron. Indonesia* 44:133-140.
- Islam, M.R., M.O. Kayess, M. Hasanuzzaman, M.W. Rahman, M.J. Uddin, M.R. Zaman. 2017. Selection index for genetic improvement of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Chem. Biol. Phys. Sci.* 7:1-8.
- Kaushal, L., S. M. Balachandran, K. Ulaganathan, V. Shenoy. 2015. Assessment of first generation androgenic rice lines for true doubled haploids. *Intl. J. Agril. Sci. Res.* 5:2250-2257.
- Kumar, U., M.R. Laza, J.C. Soulié, R. Pasco, K.V.S. Mendez, M. Dingkuhn. 2016. Analysis and simulation of phenotypic plasticity for traits contributing to yield potential in twelve rice genotypes. *Field Crops Res.* 202:94-107.
- Mara, K.K.S., B.S. Purwoko, E. Sulistyono, I.S. Dewi. 2015. Penampilan agronomi dan uji toleransi naungan galur dihaploid padi gogo hasil kultur antera. *J. Agron. Indonesia* 43:1-7.
- Mattjik, A.A., I.M. Sumertajaya, A.F. Hadi, G.N.A. Wibawa. 2011. Pemodelan Additive Main-effect and Multiplicative Interaction (AMMI): Kini dan yang Akan Datang. IPB Press. Bogor.

- Mishra, R., G.J.N. Rao, 2016. *In-vitro* androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects. *Rice Sci.* 23:57-68.
- Oladosu, Y., M.Y. Rafii, U. Magaji, N. Abdullah, G. Miah, S.C. Chukwu, G. Hussin, A. Ramli, I. Kareem. 2018. Genotypic and phenotypic relationship among yield components in rice under tropical conditions. *BioMed. Res. Int.* 2018:1-10.
- Rafii, M.Y., M.Z. Zakiah, R. Asfaliza, M.D.I. Haifa, M.A. Latif, M.A. Malek. 2014. Grain quality performance and heritability estimation in selected F1 rice genotypes. *Sains Malaysiana* 43:1-7.
- Sadimantara, G.R., D. N. Yusuf, E. Febrianti, S. Leomo, Muhidin. 2021. The performance of agronomic traits, genetic variability, and correlation studies for yield and its components in some red rice (*Oryza sativa*) promising lines. *Biodiversitas* 22: 3994-4001.
- Safitri, H., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, S.W. Ardie. 2016. Kultur antera untuk mendapatkan galur padi toleran salinitas. *J. Agron. Indonesia* 44:221-227.
- Samonte, S.O.P.B., R.E. Tabien, L.T. Wilson. 2013. Parental selection in rice cultivar improvement. *Rice Sci.* 20: 45-51.
- Singh, R.K., B.D. Chaudhary. 2007. *Biometrical Method in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyani Publ. New Delhi. IN.
- Sudeepthi, K., T. Srinivas, B.N.V.S.R.R. Kumar, D.P.B. Jyothula, S.N. Umar. 2020. Assessment of genetic variability, character association and path analysis for yield and yield component traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Electron. J. Plant Breed.* 11: 144-148.
- Syafii, M., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno. 2018. Karakter agronomi galur padi dihaploid asal kultur antera hasil persilangan three way cross. *J. Agron. Indonesia* 46:9-16.
- Tirtana, A., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, Trikoesoemaningtyas. 2021. Selection of upland rice lines in advanced yield trials and response to abiotic stress. *Biodiversitas* 22: 4694-4703.
- Thippani, S., S.S. Kumar, P. Senguttuvel, M.S. Madhav. 2017. Correlation analysis for yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Pure Appl. Biosci.* 5:1412-1415.
- Wahab, I., S. Abdulrachman, Satoto, Suprihanto, A. Guswara, Sumarno. 2017. Daftar periksa budidaya padi sawah lahan irigasi (Indonesia Rice Check). Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Sukamandi, Subang, ID.
- Wening, R.H., Supartopo, I.A. Rumanti, M.Y. Samaullah. 2018. Indeks seleksi galur padi rawa dengan pembobot daya hasil tinggi dan tahan penyakit hawar daun bakteri. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 2:67-75.