

Potensi Hasil Benih Padi Hibrida pada Tiga Galur CMS dengan Sumber Sitoplasma yang Berbeda

Hybrid Rice Seed Yield Potential on Three CMS Lines with Different Types of Cytoplasms

Bayu Pramono Wibowo^{1,3}, Bambang Sapta Purwoko^{2*}, Willy Bayuardi Suwarno², dan Indrastuti Apri Rumanti³

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

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

³Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat, Indonesia

Diterima 14 Februari 2022/Disetujui 7 April 2022

ABSTRACT

F₁ hybrid rice was produced by crossing the cytoplasmic male sterile (CMS) line and restorer (R) line. Kalinga and Gambiaca are CMS line types that have been successfully developed in Indonesia other than Wild Abortive (WA). This study aimed to determine the effect of female parents with different cytoplasmic sources on hybrid seed yield in 30 new hybrid rice combinations. The experiment was conducted at ICRR, West Java in DS 2021, using a factorial design of three CMS lines crossed with ten R lines, with 10 replications for the CMS lines and three replications for the restorer lines. Analysis of variance for yield components and yield was performed separately between CMS and restorer lines, following a single factor linear model. GMJ15A Gambiaca type had a similar average seed yield (1.03 ton ha⁻¹) with GMJ12A WA type (0.85 ton ha⁻¹) and significantly higher than GMJ14A Kalinga type (0.51 ton ha⁻¹), while the best restorer line was PK90 (1.36 ton ha⁻¹). Plant height, filled grain number per panicle, and outcrossing rate levels had a positive and significant correlation with hybrid seed yield. CMS lines of Gambiaca cytoplasmic type could be the female parent alternative of hybrid rice in Indonesia.

Keywords: outcrossing, restorer, seed production

ABSTRAK

Padi hibrida F₁ dihasilkan dari persilangan antara galur mandul jantan/cytoplasmic male sterile (GMJ/CMS) dan galur pemulih kesuburan (restorer/R). Kalinga dan Gambiaca adalah tipe galur CMS yang berhasil dikembangkan di Indonesia selain tipe Wild Abortive (WA). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tetua betina dengan sumber sitoplasma berbeda terhadap hasil benih padi hibrida pada 30 kombinasi padi hibrida baru. Percobaan dilakukan di BB Padi Subang, Jawa Barat pada MK 2021, menggunakan rancangan faktorial tiga galur CMS disilangkan dengan sepuluh restorer, dimana terdapat sepuluh ulangan untuk CMS dan tiga ulangan untuk restorer. Analisis ragam komponen hasil dan hasil dilakukan terpisah untuk CMS dan restorer mengikuti model linier rancangan faktor tunggal. Rata-rata hasil benih pada CMS GMJ15A tipe Gambiaca (1.03 ton ha⁻¹) setara dengan GMJ12A tipe Wild Abortive (0.85 ton ha⁻¹) dan nyata lebih tinggi dari GMJ14A tipe Kalinga (0.51 ton ha⁻¹), sedangkan restorer terbaik adalah PK90 (1.36 ton ha⁻¹). Tinggi tanaman, jumlah gabah isi per malai, dan tingkat silang alami memiliki korelasi positif dan nyata terhadap hasil benih padi hibrida. Galur CMS tipe sitoplasma Gambiaca dapat menjadi alternatif tetua betina padi hibrida di Indonesia.

Kata kunci: pemulih kesuburan, produksi benih, silang alami

PENDAHULUAN

Teknologi padi hibrida di Indonesia menerapkan metode hibrida tiga galur. Tiga galur yang digunakan ialah:

(1) galur mandul jantan GMJ-CMS atau galur A, (2) galur pelestari/maintainer atau galur B, dan (3) galur pemulih kesuburan/restorer atau galur R. Galur CMS adalah salah satu sumber daya genetik terpenting yang digunakan untuk menerapkan teknologi padi hibrida, menggunakan dua tetua yang dapat menghasilkan F₁ yang memiliki heterosis tinggi (Huang *et al.*, 2016) serta memiliki stabilitas hasil yang baik (Kartina *et al.*, 2021).

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

CMS telah dikembangkan untuk pengendalian penyerbukan dalam produksi benih padi hibrida. *CMS* dapat diproduksi secara efisien dalam jumlah banyak dengan menyilangkan galur pelestari menghasilkan tanaman yang 100% steril (Chen dan Liu, 2014). IRRI telah merakit *CMS* menggunakan berbagai sumber sitoplasma, termasuk Gambiaca, Dissi, ARC, Kalinga, Hong Lian, Indonesian Paddy (IP), dan beberapa sumber sitoplasma dari padi liar, seperti *Oryza rufipogon* dan *O. perennis*. Liao *et al.* (2021) melaporkan bahwa penggunaan satu tipe *CMS* dalam areal pertanaman padi hibrida yang luas dikhawatirkan tidak mampu beradaptasi pada perubahan iklim ekstrim, rentan hama, penyakit, sehingga perlu inovasi dalam perakitan padi hibrida untukantisipasi *genetic vulnerability*. IPB dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian telah merakit padi hibrida dengan menggunakan *CMS* tipe *Wild Abortive (WA)*, Kalinga dan Gambiaca yang memiliki keunggulan, antara lain sterilitas penuh, fertilitas tinggi, karakter bunga yang baik, heterobeltiosis, standar heterosis tinggi, serta memiliki ketahanan penyakit utama padi (Rumanti *et al.*, 2017).

Galur *CMS* yang sudah dirakit perlu diuji kemampuan produksi benih dalam menghasilkan benih F_1 . Jumlah gabah total dan jumlah gabah isi per malai merupakan faktor penentu untuk hasil gabah inbrida dan hibrida (Zhao *et al.*, 2020). Produksi benih padi hibrida, pasar, dan jalur distribusi benih menjadi faktor penting dalam adopsi varietas padi hibrida skala luas (Satoto *et al.*, 2017; Firohmatillah dan Nurmalina, 2012). Di dalam standar prosedur pelepasan varietas tanaman pangan di Indonesia, kemampuan produksi benih padi hibrida merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi yaitu 1.5 ton ha⁻¹ sesuai Kepmentan No.681 Tahun 2019 tentang prosedur operasional standar penilaian varietas dalam rangka pelepasan varietas tanaman pangan (PERMENTAN, 2019). Tujuan penelitian ini ialah untuk mempelajari pengaruh tetua betina dengan sumber sitoplasma berbeda terhadap hasil benih padi hibrida.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi pada musim kemarau (MK) 2021 pada bulan Maret sampai dengan Agustus 2021. Kondisi lingkungan percobaan suhu rata-rata, kelembaban relatif rata-rata, curah hujan per bulan, kecepatan angin, dan radiasi global sinar matahari ditampilkan pada Tabel 1. Materi genetik berupa kombinasi padi hibrida yaitu tiga puluh kombinasi padi hibrida hasil persilangan antara tiga galur *CMS* dan 10 galur *restorer* (Tabel 2). Bahan yang digunakan yaitu asam giberelat (GA_3) kadar 90% dengan konsentrasi 200 ppm untuk meningkatkan eksersi malai, eksersi stigma, memperpanjang durasi pembungaan, plastik penghalang antar petakan dan bambu sebagai alat bantu polinasi.

Percobaan menggunakan rancangan faktorial dengan sepuluh ulangan untuk galur *CMS* dan tiga ulangan untuk galur *restorer*. Perbandingan jumlah baris antara A dan R adalah 2R : 8A. Jarak tanam di dalam maupun antar barisan 20 cm x 20 cm, dan ukuran satuan percobaan 2 m x 5 m. Benih *CMS* dan *restorer* disemai berdasarkan selisih umur berbunga 50% antara *CMS* dan *restorer*. Tanam pindah ke lahan produksi dilakukan saat bibit berumur 21 hari setelah semai (HSS), dengan jumlah bibit sebanyak 1 bibit per lubang tanam. Isolasi menggunakan plastik bening setinggi 3 m sebagai penghalang antar kombinasi padi hibrida yang diproduksi.

Tahapan *roguing* dilakukan pada fase vegetatif sampai menjelang panen. Kegiatan polinasi buatan dilakukan dengan menggoyang-goyangkan tanaman menggunakan bantuan bambu sepanjang ±1.5 m dari *restorer* ke arah *CMS* saat kedua galur berbunga. Penyemprotan GA_3 dilakukan pada galur *CMS* dan galur *restorer* ketika berbunga 5% sampai 100% pembungaan. Penyemprotan dilakukan sebanyak 5 kali terhadap galur *CMS* dan galur *restorer* secara bergantian.

Tabel 1. Rata-rata suhu, kelembaban, curah hujan, kecepatan angin dan radiasi global di Sukamandi MK 2021

Bulan	Suhu rata-rata (°C)	Kelembaban relatif rata-rata (%)	Curah hujan (mm)	Kecepatan angin (m s ⁻²)	Radiasi global (MJ per m ² per hari)
Maret	26.86	68.21	225.00	2.71	538.01
April	27.56	64.82	61.20	0.79	498.49
Mei	28.99	63.24	151.00	0.33	537.22
Juni	27.16	66.55	71.20	1.33	420.71
Juli	27.09	61.31	4.21	12.33	519.02
Agustus	27.50	60.01	11.20	6.17	554.95
Rata-rata	27.53	64.02	87.30	3.94	511.40

Sumber: Stasiun Klimatologi Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2021

Tabel 2. Materi genetik kombinasi padi hibrida yang diuji

No	Kombinasi padi hibrida	No	Kombinasi padi hibrida	No	Kombinasi padi hibrida
1	GMJ12A/R3	11	GMJ14A/R3	21	GMJ15A/R3
2	GMJ12A/PK12	12	GMJ14A/PK12	22	GMJ15A/PK12
3	GMJ12A/PK90	13	GMJ14A/PK90	23	GMJ15A/PK90
4	GMJ12A/R32	14	GMJ14A/R32	24	GMJ15A/R32
5	GMJ12A/PK88	15	GMJ14A/PK88	25	GMJ15A/PK88
6	GMJ12A/CRS1301	16	GMJ14A/CRS1301	26	GMJ15A/CRS1301
7	GMJ12A/CRS1308	17	GMJ14A/CRS1308	27	GMJ15A/CRS1308
8	GMJ12A/CRS1310	18	GMJ14A/CRS1310	28	GMJ15A/CRS1310
9	GMJ12A/CRSP323	19	GMJ14A/CRSP323	29	GMJ15A/CRSP323
10	GMJ12A/CRSP413	20	GMJ14A/CRSP413	30	GMJ15A/CRSP413

Keterangan: GMJ12A = *Wild Abortive*; GMJ14A = Kalinga; GMJ15A = Gambiaca

Pengamatan dilakukan berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* (IRRI, 2013). Pengambilan contoh dilakukan secara acak masing-masing 10 rumpun tanaman galur *CMS* dan 6 rumpun tanaman untuk galur *restorer* per unit percobaan. Tinggi tanaman (cm) dan jumlah anakan produktif (batang) diukur menjelang panen. Panjang malai (cm) dan eksersi malai (%) pada *CMS* diukur dari panjang malai terbuka dibagi panjang malai tertutup dikali 100%. Umur berbunga diamati dari jumlah hari setelah semai (HSS) sampai tanaman berbunga 50% dalam satu populasi. Jumlah gabah isi dan hampa per malai *CMS* dan *restorer* (butir) dihitung dari jumlah sampel yang diambil. Bobot 1,000 butir (g) pada *CMS* dihitung dari 1,000 butir gabah kemudian ditimbang. Tingkat silang alami (%) pada *CMS* dan persentase gabah isi per malai (%) *restorer* dihitung masing-masing galur *CMS* dan *restorer* berdasarkan jumlah gabah isi per malai dibagi gabah total dikali 100%. Benih

CMS yang merupakan benih padi hibrida dari setiap plot ditimbang gabah kering panen (GKP) serta diukur kadar airnya kemudian dikonversi ke dalam satuan ton ha⁻¹.

Data dianalisis menggunakan ANOVA terpisah untuk galur *CMS* dan galur *restorer* mengikuti model linier rancangan faktor tunggal. Uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) pada $\alpha = 5\%$ dilakukan untuk membandingkan nilai tengah antar galur *CMS* dan antar galur *restorer*. Uji t dianalisis menggunakan bantuan aplikasi SAS 9.0 untuk membandingkan rata-rata seluruh galur *CMS* dengan rata-rata seluruh galur *restorer* untuk setiap karakter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tetua betina (*CMS*) dan tetua jantan *restorer* memberikan pengaruh yang nyata terhadap hasil benih padi hibrida yang dihasilkan (Tabel 3). Hasil benih biasanya

Tabel 3. Hasil benih F₁ dari 30 kombinasi padi hibrida pada MK 2021

Tetua <i>CMS</i>	Hasil benih (ton ha ⁻¹)	Tetua <i>restorer</i>	Hasil benih (ton ha ⁻¹)
GMJ12A (WA)	0.85a	R3	0.62bc
GMJ14A (Kalinga)	0.51b	R32	0.76bc
GMJ15A (Gambiaca)	1.03a	PK12	0.33c
		PK88	1.13ab
		PK90	1.36a
		CRS1301	1.07ab
		CRS1308	0.88abc
		CRS1310	0.50c
		P323R	0.42c
		P413R	0.83abc
KK (%)	10.14		
Uji F	**		

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jujur (BNJ) pada $\alpha = 5\%$; ** = berpengaruh nyata pada $\alpha = 1\%$; KK = koefisien keragaman

dipengaruhi oleh morfologi bunga tanaman dan karakter pembungaan galur tetua (Widyastuti *et al.*, 2016), sehingga berpengaruh terhadap *outcrossing* yang dapat menentukan pengisian gabah pada *CMS* yang diserbuki oleh *restorer* (Taillebois *et al.*, 2017). Dengan demikian, tingkat produksi benih padi hibrida dipengaruhi oleh penggunaan *CMS* dan *restorer* yang disilangkan.

Hasil benih padi hibrida ditampilkan pada Tabel 3. Produksi benih padi hibrida berkisar 0.51 sampai 1.03 ton ha⁻¹ dengan hasil benih tertinggi kombinasi padi hibrida GMJ15A/PK90 dari *CMS* GMJ15A (Gambiaca) mencapai 1.03 ton ha⁻¹. Galur GMJ12A (*WA*) menghasilkan benih padi hibrida (0.85 ton ha⁻¹). dan GMJ14A (Kalinga) sebesar 0.51 ton ha⁻¹. Galur *CMS* tipe sitoplasma Gambiaca dapat menjadi alternatif lain untuk tetua betina padi hibrida di Indonesia karena memiliki hasil lebih tinggi dibandingkan *CMS* tipe *WA*. Analisis statistik menunjukkan adanya beda nyata antara GMJ14A (Kalinga) dengan GMJ15A (Gambiaca) dan GMJ12A (*WA*).

Galur *restorer* berfungsi sebagai tetua jantan padi hibrida dalam produksi benih F₁, banyaknya serbuk sari yang jatuh di kepala putik galur *CMS* dapat meningkatkan hasil benih padi hibrida. Benih *restorer* yang dihasilkan berkisar 0.42 ton ha⁻¹ sampai 1.36 ton ha⁻¹ dengan hasil benih tertinggi galur PK90 (1.36 ton ha⁻¹). Galur *restorer* PK90 menunjukkan beda nyata dengan *restorer* R3, R32, PK12, CRS1310, dan P323R. Hasil benih F₁ dalam penelitian ini belum sesuai syarat wajib yang harus dipenuhi yaitu 1.5 ton ha⁻¹. Hasil benih yang kurang dapat ditingkatkan dengan pengaturan dosis GA₃, rasio tanam, kombinasi GA₃ dengan rasio tanam dan polinasi (Mulsanti *et al.*, 2017; Susilawati *et al.*, 2014). Widyastuti *et al.* (2020) melaporkan bahwa produksi padi hibrida terbaru memberikan hasil produksi F₁ sebesar 1.7-2 ton ha⁻¹ benih hibrida siap salur.

Tinggi tanaman merupakan salah satu karakter kunci dalam mendukung keberhasilan produksi benih padi hibrida (Andreani *et al.*, 2012). Tanaman *restorer* harus lebih tinggi dibanding *CMS* untuk memudahkan serbuk sari jatuh di kepala putik. Islam *et al.* (2019) melaporkan bahwa tanaman *restorer* sebaiknya memiliki tinggi tanaman 10 cm-20 cm di atas tanaman *CMS*. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tinggi tanaman *CMS* tidak menunjukkan beda nyata pada *CMS* GMJ12A tipe *Wild Abortive (WA)*, GMJ14A tipe Kalinga dan GMJ15A tipe Gambiaca. Tinggi tanaman ketiga tipe *CMS* berkisar antara 99.00 cm-99.99 cm dengan rata-rata tinggi tanaman *CMS* 98.96 cm. Tanaman *restorer* memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman *CMS* pasangannya, berkisar antara 104.03 cm-131.80 cm dengan rata-rata tinggi tanaman *restorer* sebesar 120.93 cm (Tabel 4). Kondisi ini cukup ideal untuk proses produksi benih padi hibrida, karena akan memudahkan proses jatuhnya tepung sari dari *restorer* ke bunga *CMS*, sehingga penyerbukan dapat terjadi secara sempurna. Tidak terdapat perbedaan tinggi tanaman yang nyata antar galur *restorer*.

Jumlah anakan produktif per rumpun merupakan karakter yang menentukan hasil benih. Kemampuan *restorer*

untuk menghasilkan anakan produktif dan spikelet malai yang banyak, menjadi karakter penting bagi pemulia. Hasil analisis menunjukkan jumlah anakan produktif per tanaman antar galur *restorer* dan antar galur *CMS* tidak menunjukkan beda nyata. Rata-rata jumlah anakan produktif per rumpun untuk *CMS* berkisar antara 9.2-11.0 batang, sedangkan jumlah anakan produktif *restorer* berkisar antara 8.8-12.7 batang (Tabel 4).

Periode waktu berbunga *CMS* berkisar antara 4 sampai 6 hari lebih lama dibandingkan dengan *restorer* (Mondo *et al.*, 2016). Masa reseptif putik dapat berlangsung antara 3-7 hari. Widyastuti *et al.* (2012) melaporkan bahwa serbuk sari memiliki viabilitas selama 5 menit setelah keluar dari kepala sari. Hasil analisis umur berbunga 50% baik *CMS* dan galur *restorer* menunjukkan beda nyata (Tabel 4), dengan rentang perbedaan umur antara 3-18 hari. Umur berbunga 50% dihitung dari hari setelah semai (HSS) ketiga *CMS* yaitu GMJ12A (*WA*) 80 HSS, GMJ14A (Kalinga) 70 HSS, dan GMJ15A (Gambiaca) 77 HSS. Sinkronisasi umur berbunga 50% antara *CMS* dan *restorer*, perilaku pembungaan yang baik, stigma yang besar, sudut membuka yang lama dan besar merupakan faktor penting dalam hasil benih padi hibrida (Rumanti *et al.*, 2013; Anis *et al.*, 2019). Umur berbunga 50% *restorer* berkisar antara 77 HSS sampai 88 HSS. Terdapat galur *restorer* yang memiliki umur berbunga 50% paling genjah yaitu PK12 (77 HSS) dan P232R (78 HSS). Umur berbunga 50% paling dalam yaitu *restorer* R3 dan CRS1308 (88 HSS), galur *restorer* yang lainnya tergolong umur sedang. Ketepatan pembungaan dalam produksi benih padi hibrida ditentukan oleh umur berbunga 50% *CMS* dan *restorer* secara bersamaan (Zheng *et al.*, 2020) sehingga terjadi polinasi dan menghasilkan benih padi hibrida.

Jumlah gabah bernaas yang terbentuk dalam satu malai mempengaruhi bobot dan hasil benih padi hibrida (Chen *et al.*, 2013). Hasil analisis karakter panjang malai, jumlah gabah isi per malai, bobot 1,000 butir, dan tingkat silang alami *CMS* (Tabel 5) menunjukkan perbedaan yang nyata antar *CMS* sitoplasma tipe *WA*, Kalinga, dan Gambiaca. Karakter eksersi malai menunjukkan perbedaan tidak nyata, sehingga diharapkan ketiga tipe *CMS* dapat memiliki produktivitas benih hibrida tinggi dan tidak dipengaruhi oleh tipe sitoplasma *CMS*.

Tingkat silang alami galur *CMS* berkisar antara 20% sampai 56% (El-Namaky 2018; Casco *et al.*, 2021). Rumanti *et al.* (2014) melaporkan bahwa faktor silang alami dipengaruhi oleh karakteristik galur-galur tetua yang mendukung persilangan alami, antara lain ukuran putik pada *CMS*, lebar stigma, eksersi stigma, sudut membuka bunga, panjang filament, sterilitas serbuk sari, dan sudut pembukaan bunga. Galur GMJ15A (Gambiaca) memiliki malai terpanjang yaitu 26.80 cm dibandingkan dengan GMJ12A tipe *WA* (26.37 cm) dan GMJ14A tipe Kalinga (25.06 cm). Karakter eksersi malai, bobot 1,000 butir dan tingkat silang alami GMJ15A (Gambiaca) menunjukkan hasil yang paling tinggi dibandingkan dengan GMJ12A (*WA*) dan GMJ14A (Kalinga). Hal ini menunjukkan bahwa karakter eksersi malai, bobot 1,000 butir, dan tingkat

Tabel 4. Tinggi tanaman, jumlah anakan produktif per rumpun dan umur berbunga 50% *CMS* dan *restorer* padi hibrida

Tetua padi hibrida	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan produktif per rumpun (batang)	Umur berbunga 50% (HSS)
<i>CMS</i>			
GMJ12A (WA)	99.99a	9.2a	80a
GMJ14A (Kalinga)	99.00a	11.0a	70b
GMJ15A (Gambiaca)	97.88a	10.0a	77c
Rata-rata	99.96	10.0	76
KK (%)	5.23	19.6	0.32
Uji F	tn	tn	**
<i>Restorer</i>			
R3	119.20a	11.9a	88a
R32	113.90a	10.0a	85a
PK12	131.80a	9.6a	77a
PK88	118.93a	8.8a	86a
PK90	127.50a	12.0a	87a
CRS1301	126.63a	11.5a	84a
CRS1308	123.03a	10.4a	88a
CRS1310	121.80a	11.7a	83f
P323R	104.03a	12.7a	78g
P413R	122.47a	12.6a	84e
Rata-rata	120.93	11.1	84
KK (%)	15.04	21.0	0
Uji F	tn	tn	**

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jujur (BNJ) pada $\alpha = 5\%$; ** = berpengaruh nyata pada $\alpha = 1\%$; tn = tidak berpengaruh nyata; KK = koefisien keragaman; HSS = hari setelah semai

silang alami memiliki korelasi antar karakter (Tabel 6) dalam produksi benih padi hibrida yang dihasilkan. Galur GMJ12A (WA) yang merupakan tipe *CMS* yang paling banyak digunakan pada varietas padi hibrida di Indonesia, memiliki karakter jumlah gabah isi per malai yang paling tinggi yaitu sebesar 78.0 butir dibandingkan dengan jumlah gabah isi per malai GMJ14A tipe Kalinga (50.6 butir) dan GMJ15A tipe Gambiaca (64.9 butir).

Hasil analisis karakter panjang malai, jumlah gabah isi per malai, dan persentase gabah isi galur *restorer* (Tabel 5) menunjukkan perbedaan yang nyata antar 10 *restorer*. Panjang malai *restorer* berkisar antara 23.27 cm-29.07 cm dengan rata-rata 26.76 cm. Galur CRS1308 memiliki malai paling panjang, yaitu 29.07 cm. Jumlah gabah isi per malai *restorer* berkisar antara 106.8 butir sampai 200.1 butir. Galur PK88 mendapatkan jumlah gabah isi paling banyak 200.1 butir per malai. *Restorer* PK12 memiliki persentase gabah isi per malai paling tinggi 90.20%. Rerata persentase gabah isi per malai *restorer* sebesar 78.67%. Karakter panjang

malai serta pengisian biji dapat dijadikan kriteria seleksi tetua padi hibrida (Kartina *et al.*, 2016).

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa jumlah gabah isi per malai, dan tingkat silang alami berkorelasi positif dengan rata-rata hasil benih 30 kombinasi padi hibrida yang diproduksi (Tabel 6). Jumlah gabah isi per malai dan tingkat silang alami berkorelasi negatif dengan jumlah anakan per rumpun. Tingkat silang alami dan umur berbunga 50% memiliki korelasi positif terhadap karakter jumlah gabah isi per malai (Hossain *et al.*, 2016).

Hasil analisis korelasi menunjukkan umur berbunga 50% berkorelasi positif, dengan karakter gabah isi per malai, tingkat silang alami dan hasil benih. Gramaje *et al.* (2020) melaporkan bahwa berdasarkan korelasi *Pearson*, komponen hasil berkorelasi positif dengan hasil benih. Ketepatan polinasi, umur berbunga 50% dan waktu panen dapat meningkatkan kualitas dan hasil benih padi hibrida (Wang *et al.*, 2018; Thorat *et al.*, 2019; Hornai *et al.*, 2016).

Tabel 5. Komponen hasil pada *CMS* dan *restorer* padi hibrida

<i>CMS</i>	Panjang malai (cm)	Jumlah gabah isi per malai (butir)	Tingkat silang alami (%)	Eksersi malai (%)	Bobot 1,000 butir (g)
GMJ12A (WA)	26.37a	78.0a	30.89a	107.72a	24.10a
GMJ14A (Kalinga)	25.06a	50.6ab	28.13ab	107.26a	24.40b
GMJ15A (Gambiaca)	26.80b	64.9b	37.19b	109.12a	25.60b
Rata-rata	26.08	64.5	32.07	108.04	24.70
KK (%)	3.35	22.6	21.34	3.74	2.60
Uji F	**	**	*	tn	**

<i>Restorer</i>	Panjang malai (cm)	Jumlah gabah isi per malai (butir)	Persentase gabah isi per malai (%)
R3	27.80ab	106.8c	69.43b
R32	25.33cb	162.9abc	81.50ab
PK12	25.57cb	126.4bc	90.20ab
PK88	23.27cb	200.1abc	81.80ab
PK90	27.03ab	145.4abc	74.67ab
CRS1301	27.37ab	146.8abc	83.50ab
CRS1308	29.07ab	148.1abc	72.13ab
CRS1310	28.30ab	154.9abc	79.10ab
P323R	26.97ab	188.1abc	81.83ab
P413R	26.93ab	169.1abc	72.50ab
Rata-rata	26.76	154.9	78.67
KK (%)	4.46	14.9	8.91
Uji F	**	**	*

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata jujur (BNJ) pada $\alpha = 5\%$; ** = berpengaruh nyata pada $\alpha = 1\%$; * = berpengaruh nyata pada $\alpha = 5\%$; tn = tidak berpengaruh nyata; KK = koefisien keragaman

Tabel 6. Analisis korelasi *Pearson* antar karakter agronomi dan hasil benih F_1 pada 30 kombinasi padi hibrida

	TT	JA	PM	EM	GS	SA	BBT	UB
JA	-0.15tn							
PM	0.42tn	0.27tn						
EM	-0.16tn	-0.45tn	-0.47tn					
GS	0.19tn	-0.52**	0.07tn	0.08tn				
SA	0.15tn	-0.51**	-0.01tn	0.25tn	0.80**			
BBT	-0.02tn	0.16tn	0.30tn	0.30tn	-0.17tn	0.11tn		
UB	0.02tn	-0.30tn	0.41tn	0.08tn	0.52**	0.20tn	0.01tn	
HSL	0.50**	-0.33tn	0.36tn	0.13tn	0.54**	0.58**	0.14tn	0.42tn

Keterangan: ** = berkorelasi nyata pada $\alpha = 1\%$; tn = tidak berkorelasi nyata; TT = tinggi tanaman; JA = jumlah anakan produktif per malai; PM = panjang malai; EM = eksersi malai; GS = jumlah gabah isi per malai; SA = tingkat silang alami; BBT = bobot 1,000 butir; UB = umur berbunga 50%; HSL = hasil benih padi hibrida

KESIMPULAN

Hasil benih padi hibrida tertinggi diperoleh dari kombinasi padi hibrida GMJ15A/PK90. Rata-rata hasil benih dari tetua betina galur GMJ15A tipe Gambiaca (1.03 ton ha⁻¹) setara dengan galur GMJ12A tipe WA (0.85 ton ha⁻¹)

dan nyata lebih tinggi dari galur GMJ14A tipe Kalinga (0.51 ton ha⁻¹). Galur pemulih kesuburan (*restorer*) dengan rata-rata hasil benih tertinggi yaitu PK90 (1.36 ton ha⁻¹). Jumlah gabah isi per malai dan tingkat silang alami berkorelasi positif sangat nyata terhadap hasil benih padi hibrida yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah memberikan beasiswa dan menyediakan fasilitas untuk pengujian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreani, P.A., D. Murdono, Suprihati. 2012. Stadia pertumbuhan tetua padi hibrida untuk sinkronisasi pembuahan dan dalam rangka memaksimalkan produksi benih padi hibrida Mapan P02. *Agric* 24:53-61.
- Anis, G., H. Hassan, A. El-Sherif, H. Saneoka, A. El-Sabagh. 2019. Evaluation of new promising rice hybrid and its parental lines for floral. *Agronomic traits and genetic purity assessment. J. Agri. Sci.* 56:567-576. Doi:10.21162/PAKJAS/19.7297.
- Chen, H., S. Jiang, J. Zheng, Y. Lin. 2013. Improving panicle exertion of rice cytoplasmic male sterile line by combination of artificial microRNA and artificial target mimic. *Plant. Biotechnol. J.* 11:336-43.
- Chen, L.T., Y.G. Liu. 2014. Male sterility and fertility restoration in crops. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 65:579-606. Doi:10.1146/annurev-arplant-050213-040119.
- Casco, V.V., R.T. Tapic, J.R. Undan. 2021. Combining ability, floral biology, and seed producibility of promising cytoplasmic male-sterile (CMS) lines for hybrid rice development. *CABI Agric. Biosci.* 38:1-10. Doi:10.1186/s43170-021-00059-2.
- El-Namaky, R., 2018. The genetic variability of floral and agronomic characteristics of newly-bred cytoplasmic male sterile rice. *Agriculture.* 88:1-10. Doi:10.3390/agriculture8050068.
- Firohmatillah, A.R., R. Nurmalina. 2012. Pengembangan padi varietas unggul hibrida: pendekatan metode quality function development dan sensitivity price analysis. *J. Ekonomi Pembangunan* 13:29-45.
- Gramaje, L.V., J.D. Caguiat, J.D. Enriquez, D. Cruz, R.A. Millas, J.E. Carampatama, D.A. Tabanao. 2020. Heterosis and combining ability analysis in CMS hybrid rice. *Euphytica.* 14:1-10. Doi:10.1007/s10681-019-2542-y.
- Huang, X., S. Yang, J. Gong, Q. Zhao, Q. Feng, Q. Zhan, Z. Zhao, W. Li, B. Cheng, J. Xia, N. Chen, T. Huang, L. Zhang, D. Fan, J. Chen, C. Zhou, Y. Lu, Q. Weng, B. Han. 2016. Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice. *Nature.* 537:629-633. Doi:10.1038/nature19760.
- Hossain, M., M. Mian, M.G. Rasul, M.J.H. Jamil, U. Kulsum, A. Karim. 2016. Genetic variability in floral traits of CMS lines and their relationship with outcrossing in rice. *Trop. Agric. Dev.* 60:236-41. Doi:10.11248/jsta.60.236.
- Hornai, E.M.L., B.S. Purwoko, W.B. Suwarno, I.A. Dewi. 2016. Pengujian daya hasil dan ketahanan penyakit hawar daun bakteri tanaman padi hibrida. *J. Agron. Indonesia* 44:126-132.
- Islam, M.Z., M.A.K. Mian, N.A. Ivy, N. Akter, M.M. Rahman. 2019. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and its component traits in restorer lines of rice. *Bangladesh J. Agril. Res.* 44:291-301. Doi:10.3329/bjar.v44i2.41819.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2013. Standard Evaluation System for Rice (5th ed). INGER-IRRI, Manila, PH.
- Liao, C., W. Yan, Z. Chen, G. Xie, X.W. Deng, X. Tang. 2021. Innovation and development of the third-generation hybrid rice technology. *The Crop. J.* 9:693-70. Doi:10.1016/j.cj.2021.02.003.
- Mulsanti, I.W., Y. Widyastuti, Satoto. 2017. Pengujian GA₃ dan rasio tanam tetua terhadap produksi benih hibrida Hipa 14 melalui rancangan petak terbagi. *Informatika Pertanian* 26:49-56.
- Kartina, N., B.P. Wibowo, Y. Widyastuti, I.A. Rumanti, Satoto. 2016. Korelasi dan sidik lintas karakter agronomi padi hibrida. *JIPI.* 21:76-83.
- Kartina, N., Y. Widyastuti, I.A. Rumanti, B.P. Wibowo, Satoto, Mardiana. 2021. Hybrid rice stability in Indonesia. *SABRAO J. Breed. Genet.* 53:377-390.
- Mondo, V.H.V., A.S. Nascente, P.C.F. Neves, J.E. Taillebois, M.O.A.C. Neto. 2016. Flowering synchronization in hybrid rice parental lines. *Aust. J. Crop. Sci.* 10:1213-1221. Doi:10.21475/ajcs.2016.10.08.

- [PERMENTAN] Peraturan Menteri Pertanian. 2019. Prosedur Operasional Standar Penilaian Varietas Dalam Rangka Pelepasan Varietas Tanaman Pangan. DIRJEN-TP, Jakarta, ID.
- Rumanti, I.A., B.S. Purwoko, I.A. Dewi, H. Aswidinnoor. 2013. Development of new cytoplasmic male sterile lines with good flowering behavior for hybrid rice breeding. hal. 39-44. Dalam Suharsono, H. Ehara, K.G. Wiryawan, Miftahuddin, M. Yunus, T.M. Ermayanti, U. Widyastuti, N.F. Mardatin (*Eds.*). Improving Food, Energy and Environment with Better Crops. Proceedings of the 7th Asian Crop Science Association Conference 2011. IPB International Convention Center Bogor Indonesia 27-30 September 2011.
- Rumanti, I.A., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, H. Aswidinnoor, Satoto. 2014. Morfologi bunga dan korelasinya terhadap kemampuan menyerbuk silang galur mandul jantan padi. *J. Penelitian Pertanian* 33:109-115.
- Rumanti, I.A., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, H. Aswidinnoor, Y. Widyastuti. 2017. Combining ability for yield and agronomic traits in hybrid rice derived from Wild Abortive, Gambiaca and Kalinga cytoplasmic male sterile lines. *SABRAO J. Breed. Genet.* 49:69-76.
- Satoto, Y. Widyastuti, N. Kartina, B.P. Wibowo. 2017. Analisis adopsi pengembangan padi hibrida di Indonesia. *Iptek Tanaman Pangan* 12:1-8.
- Susilawati, P.N., M. Surahman, B.S. Purwoko, T.K. Suharsi, Satoto. 2014. Pengaruh aplikasi asam giberelin (GA_3) terhadap hasil benih padi hibrida. *J. Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 7:136-143.
- Taillebois, L., J. Dosmann, H. Cronemberger, H. Paredes, T.V. Cao, P. Neves, N. Ahmadi. 2017. Breeding for outcrossing ability in rice, to enhance seed production for hybrid rice cropping. *J. Rice.* 3:1-9. Doi:10.4172/2375-4338.1000184.
- Thorat, B.S., R.L. Kunkerkar, S.M. Raut, S.S. Desai, M.P. Gavai, M.H. Keluskar, J.S. Dhekale. 2019. Correlation studies in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 8:1158-1164. Doi:10.20546/ijcmas.2019.804.133.
- Wang, X., H. Zheng, Q. Tang. 2018. Early harvesting improves seed vigour of hybrid rice seeds. *Sci. Rep.* 8:1-7. Doi:10.1038/s41598-018-29021-5.
- Widyastuti, Y., I.A. Rumanti, Satoto. 2012. Perilaku pembungaan galur-galur tetua padi hibrida. *Iptek Tanaman Pangan* 7:67-78.
- Widyastuti, Y., S. Wahyuni, I.A. Mulsanti. 2016. Pengaruh GA_3 dan beberapa jenis larutan kimia terhadap bunga dan karakter morfologis tetua padi hibrida. *JIPI.* 21:153-158.
- Widyastuti, Y., B.P. Wibowo, Satoto. 2020. Karakter morfologi dan kemampuan silang alami tetua padi varietas hibrida di tiga lingkungan berbeda. *Penelitian Pertanian Tanaman pangan* 1:1-7.
- Zhao, H., Z. Mo, Q. Lin, S. Pan, M. Duan, H. Tian, S. Wang, X. Tang. 2020. Relationships between grain yield and agronomic traits of rice in southern China. *Chil. J. Agric. Res.* 80:72-79. Doi:10.4067/S0718-58392020000100072.
- Zheng, W., Z. Ma, M. Zhao, M. Xiao, J. Zhao, C. Wang, H. Gao, Y. Bai, H. Wang, G. Sui. 2020. Research and development strategies for hybrid japonica rice. *J. Rice.* 13:1-22. Doi:10.1186/s12284-020-00398-0.