

Genetic Variability and Heritability of M4 G16 Red Rice Mutants after 300 Gy Gamma Irradiation

Baiq Susthia Sukma Anggraeni, A.A. Ketut Sudharmawan*, I Wayan Sudika

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Article History

Received : February 23th, 2025

Revised : March 20th, 2025

Accepted : March 23th, 2025

*Corresponding Author: A.A.

Ketut Sudharmawan,

Program Studi

Agroekoteknologi, Fakultas

Pertanian, Universitas

Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

agungsudharmawan@gmail.com

Abstract: Gamma irradiation can broaden the genetic variability available for rice breeding, but selection in advanced mutant generations requires reliable estimates of trait variation and heritability. This study evaluated genetic variability and broad-sense heritability among M4 lines of G16 red rice (*Oryza sativa* L.) derived from 300 Gy gamma irradiation. A field experiment was conducted from May to November 2023 in Tatar Hamlet, Nyurlembang Village, Narmada, West Lombok, Indonesia. Ten M4 mutant lines were evaluated with four checks (G16, Inpari 32, IR64, and Ciliwung) using an augmented randomized block design. Twelve agro-morphological and yield traits were recorded from ten systematically sampled plants per entry. Data were subjected to analysis of variance at $\alpha = 0.05$; significant genotype effects were followed by Tukey's honestly significant difference test, and genotypic variance, genotypic coefficient of variation (GCV), and broad-sense heritability (H^2) were estimated. Genotype effects were significant for longest panicle, filled grains per panicle, and empty grains per panicle. G30(2-12) had the highest filled-grain number, whereas G27(17-10) had the longest panicle. GCV was high for empty grains per panicle and 100-grain weight, and moderate for empty-grain weight. H^2 was high for longest panicle, filled grains per panicle, and empty grains per panicle, while several yield-related traits showed moderate H^2 . These results indicate exploitable genetic variation in selected reproductive traits. G20(8-3) and G26(7-11) are promising for further selection because they combine relatively long panicles, high filled-grain numbers, and low empty-grain numbers. Multi-environment validation is recommended before advancing lines.

Keywords: Broad-sense heritability; Gamma irradiation; Genetic variability; Mutation breeding; Red rice.

Pendahuluan

Pemuliaan padi beras merah menghadapi dua kebutuhan yang berjalan bersamaan, yaitu mempertahankan karakter mutu khas sekaligus meningkatkan komponen hasil dan kestabilan agronomis. Galur G16 merupakan materi pemuliaan padi beras merah berbasis plasma nutfah lokal Nusa Tenggara Barat yang memiliki karakter beras merah, jumlah anakan relatif banyak, dan tekstur nasi pulen, tetapi jumlah gabah per malai masih menjadi salah satu keterbatasan. Program perbaikan G16 karena itu diarahkan untuk meningkatkan karakter hasil tanpa kehilangan karakter utama galur. Penelitian pada generasi awal

menunjukkan bahwa induksi mutasi pada G16 dapat menghasilkan variasi fenotip dan kandidat galur yang dapat diseleksi lebih lanjut (Suliartini et al., 2022; Sudharmawan et al., 2022).

Iradiasi sinar gamma merupakan salah satu mutagen fisik yang banyak digunakan dalam pemuliaan mutasi karena mampu menambah sumber variasi baru ketika keragaman bahan genetik awal terbatas. Mutasi yang diinduksi bersifat acak, sehingga keberhasilan pemuliaan tidak hanya ditentukan oleh terbentuknya mutan, tetapi terutama oleh proses seleksi antargenerasi untuk mempertahankan perubahan yang menguntungkan dan mengeliminasi perubahan yang merugikan. Pada tanaman budidaya,

iradiasi gamma telah dimanfaatkan untuk memperbaiki arsitektur tanaman, umur masak, hasil, maupun toleransi cekaman, tetapi responsnya sangat dipengaruhi genotipe, dosis, generasi, dan lingkungan pengujian (Katiyar *et al.*, 2022; Riviello-Flores *et al.*, 2022; Kato *et al.*, 2020).

Efektivitas seleksi pada generasi lanjut memerlukan informasi mengenai besarnya variasi genetik yang masih tersedia dan proporsi variasi fenotip yang berkaitan dengan perbedaan genetik. Koefisien keragaman genetik (KKG) menstandarkan ragam genotip terhadap rerata karakter sehingga memudahkan perbandingan antar-karakter, sedangkan heritabilitas arti luas (H^2) menggambarkan proporsi ragam fenotip yang berkaitan dengan seluruh komponen ragam genetik pada populasi dan lingkungan tertentu. Nilai H^2 yang tinggi dapat meningkatkan keterandalan seleksi fenotip pada kondisi pengujian yang sama, tetapi tidak identik dengan aksi gen aditif karena heritabilitas arti luas mencakup komponen genetik aditif maupun nonaditif (Dudley & Moll, 1969). Pada padi, besarnya keragaman dan heritabilitas juga bersifat spesifik karakter; komponen malai dan gabah sering menjadi karakter penting dalam seleksi hasil (Ata-Ul-Karim *et al.*, 2022; Riyanto *et al.*, 2024).

Pada program G16, penelitian generasi M2 telah memperlihatkan adanya segregasi dan keragaman setelah iradiasi 200 dan 300 Gy (Sudharmawan *et al.*, 2022), sedangkan penelitian generasi awal lainnya telah mengidentifikasi kandidat mutan berdasarkan kombinasi hasil dan umur panen (Suliartini *et al.*, 2022). Namun, informasi mengenai karakter mana yang masih menunjukkan variasi genetik yang dapat dieksploitasi pada generasi M4 hasil iradiasi 300 Gy, serta seberapa konsisten karakter tersebut tercermin pada nilai heritabilitas, masih terbatas. Kesenjangan ini penting karena kemajuan galur berdasarkan nilai rata-rata saja dapat kurang efisien apabila karakter yang dipilih memiliki keragaman genetik sempit atau sangat dipengaruhi lingkungan.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keragaman genetik, koefisien keragaman genetik, dan heritabilitas arti luas pada karakter agronomis dan komponen hasil galur M4 padi beras merah G16 hasil iradiasi sinar gamma 300 Gy, serta mengidentifikasi karakter dan galur yang paling prospektif untuk seleksi lanjutan.

Nilai baru penelitian terletak pada evaluasi parameter genetik pada fase generasi lanjut M4 dan pada interpretasi terpadu antara signifikansi pengaruh genotipe, besarnya KKG, arah biologis karakter, serta H^2 sebagai dasar penetapan prioritas seleksi.

Bahan dan Metode

Lokasi dan bahan genetik

Percobaan lapang dilaksanakan pada Mei–November 2023 di lahan sawah Dusun Tatar, Desa Nyurlembang, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Bahan genetik terdiri atas 10 galur mutan M4 yang berasal dari galur padi beras merah G16 hasil iradiasi sinar gamma 300 Gy dan empat genotipe pembanding, yaitu G16, Inpari 32, IR64, dan Ciliwung.

Rancangan percobaan dan pengambilan sampel

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok bersekat (augmented randomized block design). Sepuluh galur mutan ditempatkan sebagai test entries, sedangkan empat genotipe pembanding digunakan sebagai checks. Rancangan bersekat digunakan karena jumlah bahan genetik galur mutan terbatas dan memungkinkan evaluasi sejumlah galur baru dengan dukungan genotipe pembanding. Tanaman sampel ditetapkan dengan systematic random sampling sebanyak 10 tanaman per entri; tanaman pertama dipilih secara acak dan tanaman berikutnya dipilih dengan melewati satu tanaman secara berurutan.

Karakter yang diamati

Pengamatan dilakukan terhadap 12 karakter kuantitatif, yaitu umur berbunga, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, jumlah anakan total, panjang malai, malai terpanjang, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, bobot 100 butir gabah, bobot gabah berisi per rumpun, bobot gabah hampa per rumpun, dan bobot gabah total per rumpun. Pengamatan karakter hasil dilakukan setelah panen pada tanaman sampel yang telah ditetapkan.

Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam pada taraf nyata 5% sesuai struktur rancangan bersekat. Apabila sumber keragaman

genotipe menunjukkan perbedaan nyata, perbandingan rerata galur dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ/Tukey HSD) pada taraf 5%. Komponen ragam genotip (σ^2g) dan ragam fenotip (σ^2p) digunakan untuk menghitung KKG dan heritabilitas arti luas. KKG dihitung sebagai $(\sqrt{\sigma^2g/\bar{x}}) \times 100\%$, sedangkan H^2 dihitung sebagai σ^2g/σ^2p . Dalam penelitian ini KKG dikategorikan sempit ($<5\%$), sedang ($5-14,5\%$), dan luas ($>14,5\%$); H^2 dikategorikan rendah ($<0,20$), sedang ($0,20-0,50$), dan tinggi ($>0,50$). Interpretasi H^2 dibatasi pada populasi dan lingkungan pengujian ini karena heritabilitas merupakan parameter yang bergantung pada komposisi genotipe dan ragam lingkungan (Dudley & Moll, 1969).

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh genotipe terhadap karakter kuantitatif

Analisis ragam menunjukkan bahwa respons antargalur M4 tidak seragam untuk seluruh karakter yang diamati. Perbedaan genotipe terdeteksi pada tiga karakter reproduktif yang berkaitan langsung dengan struktur malai dan pembentukan gabah, sedangkan karakter vegetatif serta sebagian besar karakter bobot hasil belum menunjukkan perbedaan genotipe yang signifikan pada taraf 5%. Ringkasan hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan signifikansi pengaruh genotipe terhadap 12 karakter kuantitatif galur M4 G16

No.	Karakter	Sig.
1	Umur berbunga (hari)	ns
2	Tinggi tanaman (cm)	ns
3	Jumlah anakan produktif (anakan)	ns
4	Jumlah anakan total (anakan)	ns
5	Panjang malai (cm)	ns
6	Malai terpanjang (cm)	*
7	Gabah berisi per malai (butir)	*
8	Gabah hampa per malai (butir)	*
9	Bobot 100 butir (g)	ns
10	Bobot gabah berisi/rumpun (g)	ns
11	Bobot gabah hampa/rumpun (g)	ns
12	Bobot gabah total/rumpun (g)	ns

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf 5%; ns = tidak berbeda nyata.

Perbedaan komponen hasil antargalur

Uji lanjut pada karakter yang signifikan

menunjukkan adanya pola keunggulan yang berbeda antar-galur. Galur dengan malai terpanjang tidak selalu menjadi galur dengan gabah berisi terbanyak, dan galur dengan jumlah gabah tinggi perlu dibedakan antara gabah berisi dan gabah hampa. Karena itu, evaluasi kandidat seleksi perlu mempertimbangkan kombinasi karakter, bukan hanya nilai maksimum satu karakter. Hasil BNJ disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata tiga komponen hasil galur M4 G16 yang berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%

Galur	Malai terpanjang (cm)	Gabah berisi/malai (butir)	Gabah hampa/malai (butir)
G27(17-10)	28,50 e	122,70 abcd	8,19 a
G27(20-3)	26,00 a	119,95 ab	6,29 a
G28(12-20)	26,69 ab	135,89 cde	8,30 a
G28(15-6)	26,30 ab	138,00 de	21,80 b
G20(7-8)	26,88 abcd	121,53 abc	19,87 b
G20(8-3)	27,97 de	130,71 bcde	9,05 a
G26(7-11)	27,31 bcde	133,23 bcde	9,67 a
G30(2-12)	26,30 ab	140,42 e	9,58 a
G52(11-7)	27,02 abcd	130,38 bcde	8,33 a
G52(9-8)	26,90 abcd	113,00 a	18,33 b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut BNJ 5%.

Secara biologis, G27(17-10) menonjol pada panjang malai, sedangkan G30(2-12) menonjol pada jumlah gabah berisi. Sebaliknya, G28(15-6), G20(7-8), dan G52(9-8) berada pada kelompok dengan jumlah gabah hampa yang lebih tinggi. G20(8-3) dan G26(7-11) memperlihatkan kombinasi yang lebih seimbang antara malai relatif panjang, jumlah gabah berisi tinggi, dan jumlah gabah hampa yang tetap berada pada kelompok rendah.

Koefisien keragaman genetik

Sebagian besar karakter memiliki KKG sempit, menunjukkan bahwa variasi genotip relatif terhadap rerata karakter telah mengecil pada populasi M4 yang diuji. Keragaman yang masih luas terutama ditemukan pada karakter yang berkaitan dengan gabah hampa dan ukuran biji, sedangkan satu karakter bobot gabah hampa berada pada kategori sedang. Rincian komponen ragam dan KKG disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ragam genotip, ragam fenotip, dan koefisien keragaman genetik karakter kuantitatif

Karakter	σ^2g	σ^2p	KKG (%)	Kriteria
Umur berbunga	0,97	6,85	1,30	Sempit
Tinggi tanaman	0,72	12,02	0,76	Sempit
Anakan produktif	0,54	12,23	2,97	Sempit
Anakan total	0,30	16,86	1,82	Sempit
Panjang malai	0,11	0,44	1,43	Sempit
Malai terpanjang	0,17	0,26	1,52	Sempit
Gabah berisi/malai	20,54	38,14	3,53	Sempit
Gabah hampa/malai	9,24	14,02	25,45	Luas
Bobot 100 butir	0,12	0,26	17,33	Luas
Bobot gabah berisi	7,88	17,72	4,04	Sempit
Bobot gabah hampa	0,04	0,32	6,26	Sedang
Bobot gabah total	6,39	20,56	3,39	Sempit

Keterangan: σ^2g = ragam genotip; σ^2p = ragam fenotip; KKG = koefisien keragaman genetik.

Heritabilitas arti luas

Nilai H^2 membentuk tiga kelompok respons. Karakter malai terpanjang, gabah berisi per malai, dan gabah hampa per malai berada pada kategori tinggi; empat karakter hasil berada pada kategori sedang; sedangkan lima karakter lainnya berada pada kategori rendah. Pola ini menunjukkan bahwa karakter reproduktif yang juga berbeda nyata pada analisis ragam mempunyai dukungan genetik paling kuat dalam lingkungan pengujian ini. Nilai lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Heritabilitas arti luas karakter kuantitatif galur M4 G16

Karakter	σ^2g	σ^2p	H^2	Kriteria
Umur berbunga	0,97	6,85	0,14	Rendah
Tinggi tanaman	0,72	12,02	0,06	Rendah
Anakan produktif	0,54	12,23	0,04	Rendah
Anakan total	0,30	16,86	0,02	Rendah
Panjang malai	0,11	0,44	0,25	Sedang
Malai terpanjang	0,17	0,26	0,64	Tinggi
Gabah berisi/malai	20,54	38,14	0,54	Tinggi
Gabah hampa/malai	9,24	14,02	0,66	Tinggi
Bobot 100 butir	0,12	0,26	0,46	Sedang
Bobot gabah berisi	7,88	17,72	0,44	Sedang
Bobot gabah hampa	0,04	0,32	0,12	Rendah
Bobot gabah total	6,39	20,56	0,31	Sedang

Keterangan: H^2 = heritabilitas arti luas; σ^2g = ragam genotipe; σ^2p = ragam fenotipe.

Pembahasan

Respons genotipe dan implikasi seleksi komponen hasil

Terbatasnya karakter yang menunjukkan pengaruh genotipe signifikan merupakan temuan penting pada generasi M4. Tiga karakter yang masih berbeda nyata seluruhnya berada pada fase reproduktif, yaitu malai terpanjang, gabah berisi per malai, dan gabah hampa per malai. Sementara itu, umur berbunga, tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai rata-rata, serta beberapa karakter bobot hasil tidak berbeda nyata. Pola tersebut dapat mencerminkan bahwa setelah beberapa generasi seleksi dan segregasi, sebagian karakter vegetatif pada populasi yang diuji telah menjadi relatif seragam, sedangkan variasi pada komponen pembentukan gabah masih bertahan. Pada generasi mutan yang lebih awal, spektrum variasi biasanya lebih lebar karena segregasi dan efek mutasi masih lebih heterogen; Riyanto et al. (2024), misalnya, melaporkan keragaman luas pada beberapa karakter hasil pada populasi M1 padi teriradiasi. Perbedaan generasi, latar genetik, dosis iradiasi, serta lingkungan pengujian dapat menjelaskan mengapa karakter yang responsif tidak selalu sama antarpencapaian.

Hasil uji lanjut juga memperlihatkan bahwa keunggulan satu karakter tidak otomatis menghasilkan kombinasi ideotipe terbaik. G27(17-10) memiliki malai terpanjang, tetapi G30(2-12) memiliki jumlah gabah berisi tertinggi. Di sisi lain, peningkatan jumlah gabah total perlu dibedakan secara tegas dari peningkatan gabah hampa karena keduanya memiliki implikasi seleksi yang berlawanan. Galur dengan gabah hampa tinggi tidak seharusnya diprioritaskan hanya karena memiliki kapasitas spikelet yang besar. Dalam program pemuliaan hasil, komponen yang diinginkan adalah peningkatan kapasitas malai yang diikuti pengisian gabah efektif. Studi pada program pemuliaan padi tropis juga menunjukkan bahwa ukuran malai dan gabah terisi merupakan komponen penting yang berkaitan dengan hasil, tetapi respons karakter harus dinilai bersama karakter hasil lainnya (Ata-Ul-Karim et al., 2022).

Konteks G16, hasil ini memperluas informasi generasi sebelumnya. Sudharmawan et al. (2022) menunjukkan bahwa populasi M2 G16 hasil iradiasi 200 dan 300 Gy masih memiliki segregasi karakter yang nyata,

sedangkan Suliartini et al. (2022) menunjukkan bahwa mutasi gamma dapat menghasilkan kandidat G16 dengan kombinasi hasil dan umur panen yang lebih baik. Evaluasi M4 pada penelitian ini menunjukkan bahwa setelah proses pemajuan generasi, variasi yang paling relevan untuk seleksi masih terkonsentrasi pada karakter malai dan pengisian gabah. Dengan demikian, pemuliaan lanjutan sebaiknya tidak lagi memperlakukan seluruh karakter sebagai indikator dengan bobot yang sama, tetapi memfokuskan seleksi pada karakter yang masih menunjukkan diferensiasi antargalur dan dukungan parameter genetik yang memadai.

Makna koefisien keragaman genetik

KKG luas pada jumlah gabah hampa per malai dan bobot 100 butir menunjukkan bahwa, relatif terhadap rerata masing-masing karakter, masih terdapat variasi genotip yang besar. Secara umum, KKG luas membuka ruang seleksi karena perbedaan antarindividu atau antargalur lebih mudah dieksploitasi. Temuan bahwa jumlah gabah hampa memiliki KKG luas sejalan dengan laporan pada berbagai bahan padi dan tanaman hasil mutasi bahwa karakter hasil tertentu dapat mempertahankan variasi besar setelah induksi mutasi (Ishak, 2023; Widyapangesthi et al., 2022). Namun, arah biologis karakter tetap menentukan strategi seleksi: untuk gabah hampa, variasi luas justru harus dimanfaatkan melalui seleksi negatif, yaitu memilih galur dengan jumlah gabah hampa lebih rendah.

Bobot 100 butir memerlukan interpretasi yang lebih hati-hati. Walaupun KKG-nya tergolong luas, pengaruh genotipe pada analisis ragam tidak signifikan dan H^2 hanya berada pada kategori sedang. Secara statistik, KKG merupakan ukuran relatif terhadap rerata, sehingga suatu karakter dapat memiliki persentase KKG tinggi meskipun bukti perbedaan antargalur pada uji F belum kuat. Karena itu, kesimpulan mengenai peluang seleksi bobot 100 butir tidak sebaik karakter malai terpanjang atau jumlah gabah per malai yang sekaligus menunjukkan pengaruh genotipe signifikan. Pembacaan KKG tanpa mempertimbangkan hasil analisis ragam dan heritabilitas dapat menghasilkan prioritas seleksi yang terlalu optimistis.

Sebaliknya, KKG sempit pada sembilan karakter menunjukkan bahwa keragaman relatif antar-galur M4 sudah rendah untuk sebagian

besar sifat. Kondisi tersebut dapat terjadi akibat latar genetik yang sama, kemajuan generasi menuju homozygosis, atau proses seleksi sebelumnya yang mengurangi individu ekstrem. Pada bahan padi lokal, Samudin et al. (2022) juga menunjukkan bahwa karakter dengan keragaman genetik rendah mempunyai ruang seleksi yang lebih terbatas dibanding karakter dengan variasi lebih besar. Implikasi praktisnya, perbaikan karakter dengan KKG sempit mungkin memerlukan populasi lebih besar, kombinasi persilangan tambahan, atau pengujian lintas lingkungan untuk memunculkan dan mengukur variasi yang tidak tertangkap pada satu lokasi.

Heritabilitas arti luas dan batas interpretasinya

Heritabilitas arti luas yang tinggi pada malai terpanjang, gabah berisi per malai, dan gabah hampa per malai menunjukkan bahwa proporsi variasi fenotip yang berkaitan dengan perbedaan genetik relatif besar pada lingkungan percobaan ini. Kesesuaian antara hasil ANOVA yang signifikan dan H^2 tinggi memperkuat posisi ketiga karakter tersebut sebagai indikator seleksi. Hasil ini juga konsisten dengan studi mutan padi lain yang menemukan bahwa karakter komponen hasil tertentu dapat memiliki heritabilitas tinggi pada generasi lanjut (Riadi et al., 2018), serta dengan evaluasi galur padi yang menunjukkan bahwa nilai heritabilitas sangat spesifik terhadap karakter dan populasi (Syuriani et al., 2022).

Meskipun demikian, heritabilitas arti luas tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti langsung bahwa karakter dikendalikan terutama oleh aksi gen aditif. H^2 menggabungkan seluruh sumber ragam genetik yang dapat terdeteksi dalam populasi, termasuk komponen aditif, dominansi, dan interaksi epistasis. Karena itu, pernyataan bahwa H^2 tinggi berarti suatu karakter “mudah diwariskan” perlu dibatasi pada konteks keterandalan fenotip sebagai indikator perbedaan genetik dalam populasi dan lingkungan yang sama. Dudley & Moll (1969) menekankan bahwa estimasi heritabilitas harus selalu diinterpretasikan menurut populasi, rancangan, dan lingkungan tempat estimasi tersebut diperoleh. Untuk memprediksi respons seleksi secara lebih kuat, penelitian berikutnya sebaiknya menambahkan kemajuan genetik harapan dan, bila memungkinkan, memisahkan komponen ragam aditif dari komponen

nonaditif.

Karakter dengan H^2 sedang, seperti panjang malai, bobot 100 butir, bobot gabah berisi, dan bobot gabah total per rumpun, masih dapat digunakan sebagai karakter pendukung tetapi membutuhkan validasi lebih ketat. Nilai sedang mengindikasikan bahwa variasi lingkungan atau galat percobaan masih berkontribusi cukup besar terhadap fenotip. Karakter dengan H^2 rendah, terutama tinggi tanaman dan jumlah anakan, lebih rentan berubah mengikuti kondisi tumbuh sehingga seleksi berdasarkan satu musim atau satu lokasi kurang dapat diandalkan. Evaluasi padi pada lingkungan berbeda juga menunjukkan bahwa besarnya heritabilitas dan performa hasil dapat berubah menurut musim dan lingkungan, sehingga pengujian multi-lokasi menjadi penting sebelum keputusan pemajuan galur (Ata-Ul-Karim *et al.*, 2022).

Prioritas galur dan arah pemuliaan lanjutan

Bila signifikansi antargalur, H^2 , dan arah biologis karakter dipertimbangkan secara bersama, G20(8-3) dan G26(7-11) merupakan kandidat yang paling seimbang untuk pemajuan seleksi. Keduanya berada pada kelompok malai relatif panjang, memiliki gabah berisi yang tinggi, tetapi tetap termasuk kelompok dengan gabah hampa rendah. G30(2-12) juga penting sebagai donor atau kandidat spesifik untuk peningkatan jumlah gabah berisi, sedangkan G27(17-10) menonjol sebagai sumber karakter malai panjang. Sebaliknya, galur yang berada pada kelompok gabah hampa tinggi perlu diseleksi secara lebih ketat karena peningkatan kapasitas malai tidak akan efektif apabila tidak diikuti fertilitas dan pengisian gabah yang baik.

Tahap selanjutnya sebaiknya menggunakan uji berulang dengan rancangan yang memberikan replikasi memadai pada setiap galur, diikuti pengujian multi-lokasi atau multi-musim. Hal ini sangat penting karena galur baru pada rancangan bersekat umumnya memiliki replikasi terbatas, sehingga estimasi ragam dan H^2 pada satu lingkungan lebih tepat diperlakukan sebagai bukti penyaringan awal daripada bukti stabilitas varietas. Evaluasi berikutnya juga perlu memasukkan hasil gabah per petak, persentase gabah bernas, umur panen, stabilitas fenotip, kemajuan genetik, dan interaksi genotipe $\times$ lingkungan. Pendekatan tersebut akan mengubah seleksi dari sekadar memilih galur dengan nilai karakter tinggi

menjadi seleksi multikarakter yang lebih dekat dengan kebutuhan pelepasan galur unggul.

Kesimpulan

Galur M4 padi beras merah G16 hasil iradiasi sinar gamma 300 Gy masih mempertahankan keragaman genetik yang dapat dieksploitasi terutama pada karakter reproduktif. Pengaruh genotipe signifikan dan heritabilitas arti luas tinggi secara konsisten ditemukan pada malai terpanjang, jumlah gabah berisi per malai, dan jumlah gabah hampa per malai, sehingga ketiga karakter tersebut merupakan kriteria seleksi paling informatif pada populasi ini. KKG luas pada jumlah gabah hampa harus dimanfaatkan melalui seleksi ke arah nilai rendah, sedangkan KKG luas bobot 100 butir perlu ditafsirkan lebih hati-hati karena pengaruh genotipenya tidak signifikan. G20(8-3) dan G26(7-11) merupakan kandidat utama untuk pemajuan generasi karena menunjukkan kombinasi malai relatif panjang, gabah berisi tinggi, dan gabah hampa rendah; G30(2-12) berpotensi sebagai kandidat spesifik untuk jumlah gabah berisi. Validasi dengan replikasi dan pengujian multi-lingkungan diperlukan sebelum penetapan galur unggul dan untuk memperoleh estimasi respons seleksi yang lebih kuat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian lapang di Dusun Tatar, Desa Nyurlembang, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, serta mendukung pengelolaan bahan tanaman dan pengamatan selama penelitian.

Referensi

- Ata-Ul-Karim, S.T., Begum, H., Lopena, V., Borromeo, T., Virk, P., Hernandez, J.E., Gregorio, G.B., Collard, B.C.Y. & Kato, Y. (2022). Genotypic variation of yield-related traits in an irrigated rice breeding program for tropical Asia. *Crop and Environment*, 1(3): 173–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.08.004>
- Dudley, J.W. & Moll, R.H. (1969). Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Science*, 9(3): 257–262.

- DOI:
<https://doi.org/10.2135/cropsci1969.0011183X000900030001x>
- Ishak, I. (2023). Genetic variability of mutant rice (*Oryza sativa*) genotype induced by gamma rays. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(6): 3300–3306. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240624>
- Katiyar, P., Pandey, N. & Keshavkant, S. (2022). Gamma radiation: A potential tool for abiotic stress mitigation and management of agroecosystem. *Plant Stress*, 5: 100089. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100089>
- Kato, H., Li, F. & Shimizu, A. (2020). The selection of gamma-ray irradiated higher yield rice mutants by directed evolution method. *Plants*, 9(8): 1004. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9081004>
- Riadi, M., Sjahril, R., Kasim, N. & Diarjo, R.H. (2018). Heritability and path coefficient analysis for important characters of yield component related to grain yield in M4 red rice mutant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157: 012050. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/157/1/012050>
- Riviello-Flores, M., Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L.D.M., Arévalo-Galarza, M., Castillo-Juárez, I., Soto-Hernández, M. & Castillo-Martínez, C. (2022). Use of gamma radiation for the genetic improvement of underutilized plant varieties. *Plants*, 11(9): 1161. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11091161>
- Riyanto, A., Oktaviani, E., Wulansari, N.K. & Haryanto, T.A.D. (2024). Genetic parameters of yield component and yield in M1 rice (*Oryza sativa* L.) generation irradiated with gamma-ray. *Kultivasi*, 23(2): 187–200. DOI: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v23i2.55129>
- Samudin, S., Made, U., Mustakim, Samsudiar & Ferianti, V. (2022). Analisis keragaman genetik dan heritabilitas beberapa kultivar padi gogo lokal. *Jurnal Agrotech*, 12(2): 53–56. DOI: <https://doi.org/10.31970/agrotech.v12i2.92>
- Sudharmawan, A.A.K., Aryana, I.G.P.M., Suliartini, N.W.S. & Purnama, S.A. (2022). Genetic Diversity of Red Rice (*Oryza sativa* L.) Population M2 Results of G16 Rice Genotype Mutations with 200gy and 300gy Gamma Ray Irradiation. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4): 1340–1346. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i4.4425>
- Suliartini, N.W.S., Aryana, I.G.P.M., Sudharmawan, A.A.K. & Sudika, I.W. (2022). Kandidat galur unggul mutan padi G16 hasil induksi mutasi dengan sinar gamma. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(1): 66–72. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i1.293>
- Syuriani, E.E., Kartahadimaja, J., Sari, M.F. & Hakim, N.A. (2022). Heritabilitas karakter fenotipik dan potensi hasil galur padi generasi F5. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(1): 106–114. DOI: <https://doi.org/10.37159/jpa.v24i1.1494>
- Widyapangesthi, D.A., Moeljani, I.R. & Soedjarwo, D.P. (2022). Keragaman genetik dan heritabilitas M1 mentimun (*Cucumis sativus* L.) lokal Madura hasil iradiasi sinar gamma 60Co. *Jurnal Agrium*, 19(2): 191–196. DOI: <https://doi.org/10.29103/agrium.v19i2.7841>