

PENDUGAAN KERAGAMAN GENETIK DAN HERITABILITAS MUTAN PADI HITAM (*Oryza sativa* L.) GENERASI M2 HASIL IRADIASI SINAR GAMMA

(*Estimation of Genetic Diversity and Heritability of Black Rice Mutans (*Oryza sativa* L.) in M2 Generation Irradiated by Gamma Rays*)

DEWI MIRANTIKA¹, SITI NURHIDAYAH^{2*}, NASRUDIN³, SHERLY RAHAYU⁴

^{1,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Perjuangan Tasikmalaya
Jl. Pembela Tanah Air No. 177, Kahuripan, Tawang, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat, Indonesia 46115

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi
Kampus II Jl. Tamansari Kota Tasikmalaya, Jawa Barat, Indonesia 46196

⁴Peneliti Badan Tenaga Nuklir Nasional – BRIN Jakarta Selatan

*E-mail: nurhidayah@unsil.ac.id

ABSTRACT

The low productivity and long harvesting period of local black rice causes this plant to be rarely cultivated by farmers in Indonesia. One way to increase the genetic diversity of black rice is by using gamma ray irradiation. This study aims to determine the genetic diversity and heritability value of M2 generation black rice resulting from gamma-ray irradiation. The research was conducted in February - June 2021 at the Screenhouse, Universitas Perjuangan Tasikmalaya. The genetic material used was black rice M2 generation resulting from gamma ray irradiation with doses 200 gy and PH5 as a control. The research was conducted in 2 experimental stages. The first experiment was in the nursery where M2 seeds were planted with 1000 seeds and 200 seeds for the control. In the second study, the M2 generation black rice mutant was planted with 250 seedlings without replication and the control 10 plants were repeated three times. The results showed that there was a chlorophyll mutation in the M2 generation lines which produced color variations including albino 0.5%, xantha 42%, viridis 5%, tigrina 0.5%, normal 52% at 21 HSS. The survival ability of the black rice mutant was smaller than that of the control. The heritability values in the broad sense of the high category and high genetic diversity were found in the number of productive tillers, the number of total grain, and the number of empty grain. M2 generation black rice irradiated with 200 gy gamma rays was able to provide a response of longer flowering time, narrower flag leaves, lower weight per plant, less filled grain, and increased number of empty grain compared to control (PH5).

Keywords : chlorophyll, environment genetic, functional rice, productivity

PENDAHULUAN

Padi hitam memiliki warna hitam keunguan karena aleuron dan endosperma memproduksi antosianin dengan intensitas tinggi sehingga warna beras menjadi ungu pekat mendekati hitam (Aryana *et al.* 2017). Beras hitam mengandung gizi yang sangat baik seperti gluten, rendah gula, garam, dan lemak dibandingkan dengan jenis beras lainnya. Beras hitam juga kaya akan serat, antosianin, antioksidan, vitamin B kompleks, dan vitamin E, zat besi, thiamin, magnesium, niacin, fosfor, selenium, tembaga, seng dan 18 macam asam amino. Padi jenis ini juga berkhasiat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, mencegah gangguan fungsi ginjal, memperbaiki kerusakan sel hati dan anemia (Saha 2016). Budidaya padi hitam belum banyak diteliti di Indonesia, sehingga keberadaannya masih langka (Aryana *et al.* 2017). Padi hitam memiliki karakteristik yang berbeda - beda seperti umur tanaman yang panjang, habitus tanaman yang tinggi, dan kendala pada teknik budidayanya sehingga menyebabkan rendahnya produktivitas, hal ini menyebabkan padi hitam kurang banyak diminati oleh para petani untuk dibudidayakan (Kristantini *et al.* 2016).

Pendekatan untuk pengembangan dalam mendapatkan varietas padi hitam berdaya hasil tinggi dan umur yang tidak terlalu panjang menjadi perhatian para peneliti dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Padi hitam yang dilepas hasil pemuliaan tanaman berasal hasil persilangan dua tetua berbeda. Berdasarkan informasi dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2023), Menteri Pertanian telah melepas varietas baru padi hitam dengan nama Jeliteng dengan rata-rata hasil sebesar 6.18 ton/ha dengan umur panen 113 hari hasil persilangan dua tetua. Padi hitam asal Bali kultivar Baas Selem hanya mencapai 2 ton /ha dengan umur panen panjang. Kultivar tersebut kemudian disilangkan dengan Situ Patenggang menghasilkan galur harapan dengan kenaikan produktivitas menjadi 6.53 ton/ha (Aryana *et al.* 2017).

Selain dengan persilangan, strategi untuk meningkatkan keragaman genetik pada karakter produktivitas padi hitam yang berumur genjah yaitu menggunakan iradiasi sinar gamma. Sebagaimana Song *et al.* (2012) mengungkapkan bahwa perbaikan kualitas pada tanaman padi dapat dilakukan dengan melakukan pemuliaan tanaman dengan cara iradiasi sinar gamma. Sebagaimana yang disampaikan Tong *et al.* (2012) iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan kandungan bahan kimia didalam tanaman padi, khususnya bahan organik. Pemuliaan tanaman yang dilakukan dengan mutasi dapat menghasilkan beberapa keragaman genetik pada tanaman (Sianipar *et al.* 2013). Menurut hasil penelitian Warman *et al.* (2016) bahwa pada populasi padi hitam lokal Sumatera Barat M2 hasil iradiasi dengan dosis 200 Gy terbukti dapat menghasilkan keragaman genetik pada beberapa karakter seperti jumlah anakan produktif, umur tanaman, dan tinggi tanaman. Laporan Patmi *et al.* (2020), mutan Cempo Ireng memiliki masa tanam 10-20 hari lebih cepat dan tinggi tanaman lebih pendek dari pada kontrolnya. Sari *et al.* (2018) mengemukakan bahwa terjadi perbaikan sifat agronomi pada generasi M2 padi Kultivar Sijunjung dan Kuriak Kusuik yang tergambar pada beberapa parameter seperti tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai, dan ketahanan terhadap penyakit blast. Abdelnour-Esquivel *et al.* (2020), melaporkan temuannya galur padi toleran kekeringan dan salinitas menggunakan mutagen induksi iradiasi.

Berdasarkan permasalahan di atas, salah satu cara untuk mendapatkan keragaman genetik calon varietas padi hitam dengan karakteristik produktivitas tinggi dan umur genjah yaitu menggunakan teknik mutasi iradiasi sinar gamma. Penelitian ini bertujuan untuk menduga keragaman genetik dan heritabilitas mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Juni 2021 di Screen House Fakultas Pertanian Universitas Perjuangan Tasikmalaya pada ketinggian tempat 359 mdpl. Perhitungan komponen hasil dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Perjuangan Tasikmalaya.

Metode Penelitian

Bahan yang digunakan diantaranya benih padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy dan sebagai kontrol/wildtype yaitu PH5 asal Tasikmalaya (Nurhidayah *et al.* 2019). Media tanam yang digunakan yaitu kompos dan tanah perbandingan 2:1. Pupuk NPK 16:16:16, pupuk urea dan insektisida. Alat yang digunakan diantaranya nampan, ember, emrat, termohyrometer, meteran dan timbangan digital.

Penelitian ini dilakukan dua tahap percobaan yaitu percobaan di fase pembibitan dan percobaan di lapangan skala screen house. Percobaan pertama di persemaian dengan menanam benih generasi M2 sebanyak 1000 butir dan wildtype PH5 sebanyak 200 butir pada nampan yang telah diisi media tanam.

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 21 Hari Setelah Semai (HSS). Karakter yang diamati yaitu persentase daya berkecambah, tinggi bibit, panjang akar, dan mutasi klorofil dengan persamaan mengikuti Warman *et al.* (2016). Rumus yang digunakan:

$$\text{Persentase daya berkecambah} = \frac{\text{Jumlah bibit yang hidup}}{\text{Jumlah benih yang disemai}} \times 100\%$$

$$\text{Mutasi klorofil} = \frac{\text{Jumlah mutan terdeteksi}}{\text{Jumlah tanaman M2}} \times 100\%$$

Percobaan kedua di Screen House. Bibit M2 yang telah disemai kemudian ditanam sebanyak 250 bibit tanpa ulangan sementara tetua PH5 ditanam sebanyak 10 tanaman dan diulang 3 kali sehingga total sampel sebanyak 280 tanaman. Bibit padi ditanam pada umur 14 HSS sebanyak 1 bibit per lubang dengan jumlah tiap ember 2 lubang tanam.

Variabel yang diamati yaitu tinggi tanaman (cm), panjang daun bendera (cm), jumlah anakan total (batang), jumlah anakan produktif (batang), jumlah anakan tidak produktif (batang), jumlah gabah hampa (butir), jumlah gabah total (butir), jumlah gabah isi (butir), panjang malai (cm), umur berbunga (HST), umur panen (HST), bobot 1000 bulir (g), dan bobot gabah pertanaman (g).

Analisis data

Analisis ragam genetik populasi dilakukan dengan menghitung pendugaan ragam lingkungan (σ_e^2) ragam genetik (σ_g^2) dan ragam fenotipe (σ_p^2), dan nilai heritabilitas (h_{bs}^2). Menurut Warman *et al.* (2016) rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\sigma_e^2 = \sigma_{M0}^2$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_{M2}^2$$

$$\sigma_g^2 = \sigma_p^2 - \sigma_e^2$$

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} ;$$

$$h_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100\%$$

Keterangan:

σ_p^2 = ragam fenotipe (M2)

σ_e^2 = ragam lingkungan (ragam populasi M0)

σ_g^2 = ragam genetik

h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas

KKG = koefisien keragaman genetik

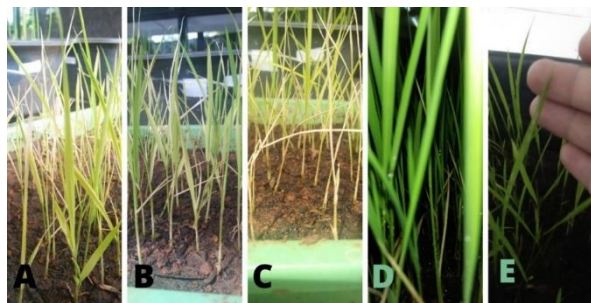
HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Populasi Padi Hitam Generasi M2 pada Fase Pembibitan

Mutasi Klorofil

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui frekuensi mutasi yang dilihat dari perubahan warna daun. Menurut Sari *et al.* (2018) frekuensi mutasi dapat dilihat berdasarkan mutasi klorofil yang ditandai dengan perubahan pada warna daun padi. Variasi daun yang terbentuk yaitu albina, xantha, viridis, tigrina, marginata, dan striata dan normal.

Gambar 1a menunjukkan tanaman berwarna xantha dengan helaian daun berwarna kekuning-kuningan, Gambar 1b menunjukkan tanaman viridis dengan helaian daun berwarna hijau dan pada bagian ujungnya berwarna putih, Gambar 1c menunjukkan tanaman albina yang tidak sama sekali memiliki klorofil atau berwarna putih, Gambar 1d menunjukkan tanaman dengan warna daun hijau normal, dan Gambar 1e menunjukkan tanaman tigrina dengan helaian daun berwarna belang putih hijau.



Gambar 1. Keragaman mutasi klorofil fase pembibitan pada umur 21 HSS. a) xantha; b) viridis; c) albino; d) normal; e) tigrina

Tabel 1. Persentase mutasi klorofil mutan padi hitam pada fase pembibitan

Warna	Jumlah mutasi klorofil		Persentase mutasi klorofil (%)	
	M2	PH5	M2	PH5
Albina	6	0	0.5	0
Xantha	254	0	42	0
Viridis	28	0	5	0
Tigrina	3	0	0.5	0
Alboviridis	0	0	0	0
Marginata	0	0	0	0
Striata	0	0	0	0
Normal	314	169	52	100
Total	605	169	100	100

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi mutasi klorofil yang paling tinggi yaitu pada tipe warna xantha sebanyak 254 bibit (42%). Tipe xantha ini tidak bisa dilanjutkan untuk ditanam ke lapangan karena jaringan dan selnya tidak bisa dibentuk kembali dan akan mati. Bibit dengan warna albina sebanyak 6 bibit (0.5%). Sama halnya dengan xantha bahwa tipe albina juga tidak dapat ditanam ke lapangan karena tidak adanya kandungan klorofil sehingga sulit membentuk jaringan. Adapun keberagaman warna lainnya seperti viridis dengan jumlah 28 bibit (5%), tigrina sebanyak 3 bibit (0.5%), dan yang paling banyak memiliki daun berwarna hijau (normal) sebanyak 314 bibit (100%). Menurut Sari *et al.* (2018) tanaman yang memiliki variasi daun tigrina, viridis, dan normal di saat stadia pembibitan akan kembali membentuk jaringan baru saat tanaman ditanam ke lapangan.

Keragaman yang terjadi pada padi hitam generasi M2 ini disebabkan karena adanya perubahan warna di dalam tubuh tanaman sebagai akibat penyinaran sinar gamma sebesar 200 gy. Menurut Rosmala *et al.* (2015) kloroplas pada daun secara genetik memiliki pewarisan sifat tersendiri, yang berbentuk kromosom kloroplas dan terletak pada bagian sitoplasma. Radikal bebas seperti iradiasi sinar gamma akan mempengaruhi sintesa klorofil, yang menyebabkan perubahan warna pada daun karena kloroplas terdiri dari DNA, RNA, serta enzim. Menurut Choi *et al.* (2021) iradiasi sinar gamma dipengaruhi oleh dosis radiasi dan laju dosis. Iradiasi dengan dosis dan lama iradiasi gagal menghasilkan biji, kerusakan fisiologi tanaman atau bahkan dapat menggagalkan proses reproduksi.

Daya Berkecambah

Hasil pengamatan pada Tabel 2 menunjukkan daya berkecambah padi hitam tipe liar PH5 lebih besar dengan persentase sebesar 84.5%, sedangkan tanaman padi hitam hasil iradiasi sinar gamma memiliki persentase berkecambah lebih rendah sebesar 60.5%. Hal ini dikarenakan adanya efek mutasi yang disebabkan oleh pemberian iradiasi sinar gamma generasi M2.

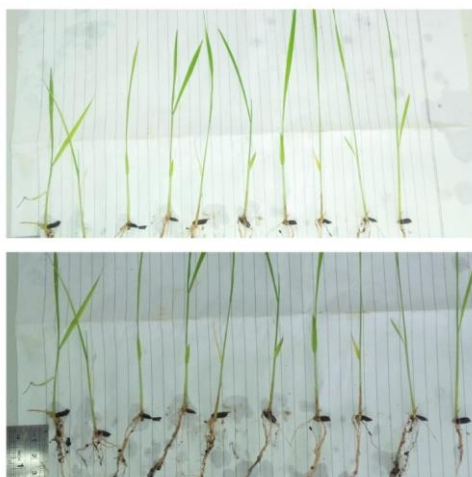
Tabel 2. Persentase daya berkecambah mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma dan kontrol

Tanaman	Jumlah yang ditanam	Jumlah bibit yang hidup	Persentase hidup (%)
M2PH5	1000	605	60.5
PH5	200	169	84.5

Rendahnya daya berkecambah tanaman generasi M2 tampaknya diakibatkan karena pemberian iradiasi sinar gamma dapat mengganggu sistem metabolisme tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Warid *et al.* (2017) terjadinya penurunan daya tumbuh benih akibat adanya perlakuan induksi mutasi sinar gamma kemungkinan karena terjadi pengubahan aktivitas enzim dan terjadinya kerusakan pada komponen - komponen sel. Islam *et al.* (2020) melaporkan bahwa kalus padi lokal yang diiradiasi sinar gamma 4-6 gy memberikan respons yang berbeda pada tiap varietas yang diuji dan mampu hidup 50% pada dosis tersebut. Radiasi sinar gamma pada kalus padi tergantung genotipe tanaman padi tersebut.

Tinggi Bibit dan Panjang Akar

Pengamatan tinggi bibit dan panjang akar dilakukan pada tanaman umur 21 HSS dengan keragaan tinggi bibit dan panjang akar sebagaimana tersaji pada Gambar 2. Dari hasil pengamatan (Tabel 3) didapat bahwa tinggi bibit M2 cenderung lebih pendek (16 cm) dibandingkan dengan PH5 (17 cm) yang tidak di iradiasi sinar gamma meskipun hasil uji t antara M2 dengan *wild type* PH5 tidak berbeda nyata. Sedangkan hasil uji t M2 menunjukkan adanya perbedaan nyata pada tinggi bibit diantara galur M2 yang diuji.



Gambar 2. Keragaan tinggi dan panjang akar bibit padi hitam generasi M2

Tabel 3. Nilai tengah karakter tinggi bibit dan panjang akar mutan padi hitam dan kontrol

Karakter	M2	PH5	Uji t M2	Uji t M2 – PH5
Tinggi bibit	16.29±4.04	17.29±2.72	0.00	0.057
Panjang akar	5.98±3	8.5±2.76	0.00	0.061

Keterangan : <0.5 = berbeda nyata ; >0.5 = tidak berbeda nyata berdasarkan uji t

Panjang akar M2 cenderung lebih pendek (5.98 cm) dari PH5 (8,5 cm) meskipun berdasarkan uji t antara M2 dan PH5 tidak berbeda nyata. Sementara hasil uji t menunjukkan adanya perbedaan nyata pada akar tanaman padi hitam generasi M2. Keberagaman karakter ini bisa disebabkan karena adanya efek mutasi iradiasi sinar gamma pada generasi M2 yang menyebabkan tinggi bibit dan panjang akar tampak lebih pendek dari wilde type PH5. Menurut Darmawan & Damanhuri (2019), keberhasilan pemuliaan tanaman ditentukan oleh adanya ketersediaan keragaman genetik pada suatu tanaman, semakin besar keragaman genetik maka akan semakin besar juga peluang keberhasilan dalam program pemuliaan tanaman.

Keragaan Karakter Agronomi Mutan Padi Hitam Hasil Iradiasi Sinar Gamma Generasi M2 di Screen House

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh karakter yang diamati pada padi hitam generasi M2 berbeda nyata berdasarkan uji t (Tabel 4). Karakter tersebut diduga ada keragaman pada tiap galur M2 hasil iradiasi sinar gamma. Keberagaman ini dapat disebabkan karena terjadinya mutasi pada galur padi hitam generasi M2.

Berdasarkan uji t antara padi hitam hasil iradiasi sinar gamma dibandingkan kontrolnya tidak menunjukkan respons yang nyata pada karakter tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, jumlah anakan tidak produktif, umur panen, jumlah gabah total, bobot 1000 butir. Hal ini berbeda dengan penelitian Choi *et al.* (2021), bahwa kalus padi yang diiradiasi sinar gamma 200 gy menghasilkan anakan lebih sedikit dan tanaman lebih pendek dibandingkan kontrolnya. Yasmin *et al.* (2019) melaporkan anakan merupakan sifat agronomi penting dalam menentukan produksi biji padi. Karakter yang dapat diperbaiki melalui mutasi diantaranya arsitektur tanaman, umur berbunga, umur panen, hasil, kualitas hasil dan toleransi cekaman biotik dan abiotik. Hasil penelitian Yasmin *et al.* (2019), bibit padi yang diiradiasi dosis 162 Gy mampu menambah tinggi tanaman, jumlah anakan lebih banyak dan jumlah gabah isi lebih banyak. Namun pada penelitian ini tidak ditemukan adanya perbedaan. Hal ini diduga bahan yang dimutasi menggunakan biji dan varietas padi yang digunakan juga berbeda.

Tabel 4. Nilai tengah karakter agronomi mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma

Karakter	Mean±std		Uji t M2	Uji t M2- PH5
	M2	PH5		
Tinggi tanaman (cm)	99.72±16.54	97.88±13.65	0.00	0.98
Jumlah anakan total	7.77±5.30	7.94±4.07	0.00	0.96
Jumlah anakan produktif	6.73±4.72	6.24±2.93	0.00	0.66
Jumlah anakan tidak produktif	1.18±1.89	1.06±1.68	0.00	0.13
Panjang malai (cm)	22.89±4.04	21.98±2.36	0.00	0.92
Umur berbunga (HST)	72.24±1.10	70.47±1.07	0.00	0.00
Umur panen (HST)	122.56±2.62	122.00±0.00	0.00	0.49
Panjang daun bendera (cm)	27.33±5.64	27.90±2.73	0.00	0.04
Jumlah gabah isi (biji)	75.53±29.20	79.20±23.53	0.00	0.01
Jumlah gabah hampa (biji)	45.58±24.08	19.56±6.65	0.00	0.00
Jumlah gabah total (biji)	124.92±52.38	98.73±23.31	0.00	0.79
Bobot 1000 bulir (g)	21.69±5.18	20.50±2.94	0.00	0.48
Bobot pertanaman (g)	12.92±7.45	15.43±6.41	0.00	0.01

Keterangan : >0.05 nyata ; <0.05 tidak nyata berdasarkan uji t

Komparasi antara galur-galur M2 dan PH5 menunjukkan perbedaan yang nyata pada karakter panjang daun bendera, umur berbunga, jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, dan bobot per tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata padi hitam hasil iradiasi cenderung berbunga lebih lama (72 HST), selisih 2 hari dari wildetype. Berdasarkan penelitian Purwanto *et al.* (2019), 3 varietas lokal padi hitam yang diiradiasi sinar gamma 200 gy menunjukkan hasil berbeda pula pada karakter umur berbunga. Umur berbunga varietas lokal Cempo Melik dan Melik tidak berbeda dengan kontrolnya tanpa iradiasi, sementara Cempo Ireng hasil iradiasi sinar gamma lebih lama berbunga dibandingkan kontrol Cempo Ireng.

Daun bendera nyata lebih pendek (27.33 cm) dibandingkan wildetype (27.90 HST). Jumlah gabah isi lebih rendah sebanyak 75 butir daripada wildetype sebanyak 79 butir. Jumlah gabah hampa lebih banyak 46 butir dibandingkan wildetype sebanyak 20 butir. Bobot per tanaman lebih rendah sebanyak 12.92 g dibandingkan wildetype 15.43 g. Namun bobot 1000 butir lebih tinggi sebesar 21.69 g dibandingkan wildetype PH5 sebanyak 20.50 g. Hal ini juga ditemui pada penelitian Yasmine *et al.* (2019), padi varietas Bindhan-8 hasil iradiasi pada kisaran 200 gy memiliki bobot 1000 butir lebih tinggi dibandingkan tanpa iradiasi.

Karakter tersebut beragam karena memiliki pengaruh dari mutasi yang dilakukan, dimana menyebabkan adanya perubahan pada gen dan jaringan tanaman sehingga menghasilkan keberagaman karakter pada tanaman yang diuji. Keberagaman yang terjadi bisa diindikasikan oleh pengaruh karakter genetik yang tinggi sehingga seleksi pada generasi berikutnya dapat dilakukan menggunakan keragaman karakter genetik (Akinwale *et al.* 2011). Keberagaman ini juga tidak terlepas dari beberapa faktor lingkungan yang ada. Salah satu contohnya yaitu tingginya jumlah gabah hampa akibat serangan hama. Hasil penelitian Purwanto *et al.* (2019), pada 3 varietas lokal yang diiradiasi sinar gamma memiliki respons yang berbeda-beda tergantung dari varietas dan dosis iradiasi yang digunakan.

Keragaman Genetik dan Heritabilitas

Menurut Kusuma *et al.* (2016) keragaman genetik merupakan suatu variasi di dalam populasi yang terjadi akibat adanya keragaman di antara individu yang menjadi anggota populasi. Heritabilitas adalah suatu nilai yang menunjukkan suatu karakter pada tanaman yang dikendalikan oleh faktor genetik atau faktor lingkungan, sehingga dapat diketahui sejauh mana karakter tersebut dapat diturunkan ke generasi berikutnya (Jameela *et al.* 2014).

Nilai duga heritabilitas yang rendah membuktikan bahwa suatu karakter dipengaruhi oleh ragam lingkungan yang tinggi dan sedikit pengaruh dari genetiknya. Jika nilai duga heritabilitas tinggi menggambarkan faktor genetik sangat mempengaruhi terhadap suatu karakter. Menurut Barmawi *et al.* (2013) apabila nilai heritabilitas pada suatu karakter memiliki kategori tinggi, menggambarkan karakter tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik yang lebih tinggi dibandingkan faktor lingkungan.

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai duga heritabilitas pada seluruh karakter yang diamati termasuk kategori rendah, sedang dan tinggi. Nilai duga heritabilitas dapat menunjukkan bagaimana pengaruh suatu gen yang dapat diturunkan pada generasi berikutnya berdasarkan pengamatan pada ragam fenotipe, ragam genotipe, dan ragam lingkungan. Karakter yang memiliki nilai duga heritabilitas tinggi yaitu jumlah anakan produktif (62%), panjang malai (66%), umur panen (100%), panjang daun bendera (77%), jumlah gabah hampa (92%), jumlah gabah total (80%), dan bobot 1000 butir (68%). Iradiasi sinar gamma dapat menciptakan suatu perubahan karakter agronomi dan karakter morfologi pada tanaman (Haris *et al.* 2013). Menurut Widyayanti *et al.* (2017) karakter yang memiliki nilai

heritabilitas sedang berarti dipengaruhi oleh setengah faktor genetik dan setengah faktor lingkungan. Karakter ini masih bisa diwariskan ke generasi berikutnya, hal ini sejalan dengan penelitian Effendy *et al.* (2018) semakin tinggi variasi sifat pada suatu karakter populasi maka peluang untuk mendapatkan genotipe dengan sifat karakter yang lebih baik semakin besar.

Tabel 5. Nilai ragam dan heritabilitas mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma

Karakter	σ^2g	σ^2e	σ^2p	KKG (%)	h_{bs}^2 (%)
Tinggi tanaman (cm)	87.47	186.24	273.71	9 ^R	32 ^S
Jumlah anakan total (batang)	11.56	16.56	28.12	44 ^T	41 ^S
Jumlah anakan produktif (batang)	13.73	8.57	22.3	55 ^T	62 ^T
Jumlah anakan tidak produktif (batang)	0.76	2.81	3.57	74 ^T	21 ^S
Panjang malai (cm)	10.73	5.56	16.29	14 ^R	66 ^T
Umur berbunga (HST)	0.06	1.14	1.2	0 ^R	5 ^R
Umur panen (HST)	6.85	0	6.85	2 ^R	100 ^T
Panjang daun bendera (cm)	24.33	7.43	31.76	18 ^R	77 ^T
Jumlah gabah isi (butir)	298.94	553.52	852.46	23 ^R	35 ^S
Jumlah gabah hampa (butir)	535.62	44.22	579.84	51 ^T	92 ^T
Jumlah gabah total (butir)	2199.58	543.42	2743	38 ^T	80 ^T
Bobot 1000 bulir (g)	18.2	8.67	26.87	20 ^R	68 ^T
Bobot gabah pertanaman (g)	14.43	41.05	55.48	29 ^T	26 ^S

Keterangan : KKG <25% = rendah (R), >25% = tinggi (T); h_{bs}^2 = heritabilitas >50% = tinggi (T); 20% – 50% = sedang (S) ; <20% = rendah (R). σ^2g = ragam genetik ; σ^2e = ragam lingkungan ; σ^2p = ragam fenotip ; KKG = koefisien keragaman genetik

Berdasarkan hasil penelitian, nilai koefisien keragaman genetik pada populasi M2 memiliki KKG mulai dari rendah sampai tinggi. Karakter jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, jumlah anakan tidak produktif, jumlah gabah hampa, jumlah gabah total, dan bobot gabah pertanaman memiliki koefisien keragaman genetik tinggi. Nilai koefisien keragaman genetik paling rendah terdapat pada karakter tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, panjang malai, panjang daun bendera, jumlah gabah isi, dan bobot 1000 bulir. Menurut Kristamtini *et al.* (2016) menyatakan bahwa keragaman genetik yang luas bisa didapatkan dari keadaan populasi generasi kedua yang memiliki tingkat segregasi tinggi. Namun, jika suatu populasi memiliki keragaman genetik yang luas pada suatu karakter maka hal tersebut menunjukkan bahwa populasi memiliki sifat yang bervariasi. Menurut Hartati *et al.* (2015) keragaman pada suatu karakter dapat terjadi karena faktor genetik dan lingkungan.

Dalam penelitian ini, nilai duga heritabilitas arti luas dan nilai keragaman genetik yang tinggi terdapat pada karakter jumlah anakan produktif, jumlah gabah hampa, dan jumlah gabah total. Jameela *et al.* (2014) menyatakan bahwa keragaman genetik yang luas dan tingkat heritabilitas akan mempengaruhi keberhasilan seleksi dan pewarisan sifat ke generasi berikutnya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa adanya mutasi klorofil yang menghasilkan variasi warna albino, xantha, viridis, tigrina, dan normal pada mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma pada umur 21 HSS. Kemampuan hidup mutan padi hitam lebih kecil daripada kontrol. Nilai heritabilitas arti luas kategori tinggi dan keragaman genetik tinggi terdapat pada karakter jumlah anakan produktif, jumlah gabah total, dan jumlah gabah hampa. Mutan padi hitam generasi M2 hasil iradiasi sinar gama dosis 200 Gy mampu memberikan respons mutan padi hitam berbunga lebih lama, daun bendera lebih sempit, bobot per tanaman lebih kecil, gabah isi lebih sedikit, dan gabah hampa lebih banyak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Badan Tenaga Nuklir Nasional atas dukungan dan kerjasamanya untuk memberikan perlakuan iradiasi sinar gamma pada bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelnour-Esquivel, A, Perez, J, Rojas, M, Vargas, W & Gatica-Arias, A 2020, 'Use of gamma radiation to induce mutations in rice (*Oryza sativa* L.) and the selection of lines with tolerance to salinity and drought', In *Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant.*, vol. 56, no. 2020, hlm. 88-97. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-10015-5>.

- Aryana, M, Sudharmawan, A, Sumarjan, S, & Anugrahwati, DR 2017, 'Penampilan galur harapan F9 hasil persilangan Baas Selem dan Situ Patenggang', J. Sains Tek. & Lingkungan, vol 3, no.2, hlm. 36-44. <https://doi.org/10.29303/jstl.v3i2.37>
- Akinwale, Gregorio, Nwilene, F, Akinyele, BO, Ogunbayo, SA, & Odiyi AC 2011, 'Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.)', African J. of Plant Sci, vol.5, no.3, hlm. 207- 212. https://academicjournals.org/article/article1379945851_Akinwale%20et%20al.pdf.
- Badang Litbang Pertanian. 2023. Varietas Jeliteng. Diakses pada 4 Februari 2023. Tersedia pada: <https://www.litbang.pertanian.go.id/varietas/1389/>
- Barmawi, M, Yushardi, A, & Sa'diyah, N 2013, 'Daya waris dan harapan kemajuan seleksi karakter agronomi kedelai generasi F2 hasil persilangan antara yellow bean dan Taichung', J. Agrotek Tropika, vol.1, no.1, hlmn. 20-24. <https://doi.org/10.23960/jat.v1i1.1882>.
- Choi, HI, Han, SM, Jo, YD, Hong, MJ, Kim, SH & Kim, JB 2021, 'Effects of acute and chronic gamma irradiation on the cell biology and physiology of rice plants' Plants, vol. 10, no. 3, hlm. 439. <https://doi.org/10.3390/plants10030439>.
- Darmawan, RT & Damanhuri, D 2019, 'Keragaman genetik padi hitam (*Oryza sativa* L.) populasi M2 hasil mutasi kolkisin' J. Prod. Tan., vol.7, no.2, hlm. 291-297. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/1035>.
- Effendy, E, Respatijarti & Waluyo, B 2018, 'Genetic variability and heritability characters of yield component and yield of physalis (*Physalis* sp.)', J. Agro, vol. 5, no. 1, hlm. 30-38. <https://doi.org/10.15575/1864>.
- Haris, A, Abdullah, A, Bakhtiar, B, Subaedah, S, Aminah, A & Jusoff, K 2013, 'Gamma ray radiation mutant rice on local aged dwarf', Middle-East J. of Sci. Res., vol. 2, no. 8, hlm. 1160-1164. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.15.8.11541>.
- Hartati, S 2015, 'Karakterisasi anggrek alam secara morfologi dalam rangka pelestarian plasma nutfah' J. Pertanian, vol. 43, no. 2, hlm. 133-139. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i2.10419>.
- Islam, MM, Rahman, MT, Hasanuzzaman, M, Islam, MS, Uddin, MI & Saha, NR 2020, 'In vitro response and effect of gamma irradiation on four local indica rice varieties', J. of Sci. Agric., vol. 4, no. 2020, hlm. 90-92. doi: 10.25081/jsa.2020.v4.6307.
- Jameela, H, Noor, A & Soegianto, A 2014, 'Keragaman genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil pada populasi F2 buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) hasil persilangan varietas introduksi dengan varietas lokal', J. Produksi Tanaman, vol. 2, no. 4, hlm. 324-329. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/113>.
- Kristamtini, K, Taryono, T, Basunanda, P & Murti, RH 2016, 'Keragaman genetik kultivar lokal berdasarkan penanda mikrosatelit', J. AgroBiogen, vol. 10, no. 2, hlm. 69-76. <https://doi.org/10.21082/jbio.v10n2.2014.p69-76>
- Kusuma, AB, Bengen, DG, Madduppa, H, Subhan, B & Arafat, D 2016, 'Keanekaragaman genetik karang lunak Sarcophyton trocheliophorum pada populasi Laut Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi', J. Enggano, vol. 1, no. 1, hlm. 89-96. <https://doi.org/10.31186/jenggano.1.1.89-96>.
- Liu, BM, Wu, YJ, Tong, JP & Wu, JD 2012, 'A novel semi dwarf mutant mutagenized with ion beam irradiation controlled by a dominant gene', Rice Genetics Newsletter, vol. 25, no. 2, hlm. 20-23. https://shigen.nig.ac.jp/rice/oryzabase/asset/rngn/vol25/pdf/25_7_p_p.pdf.
- Nurhidayah, S & Umbara, DS 2019, 'Perbedaan komponen vegetatif dan generatif pada lima aksesori padi hitam (*Oryza sativa* L.) di kecamatan Indihiang Tasikmalaya Jawa Barat', Agriprima, J. of Applied Agric. Sci., vol 3, no. 1, hlm. 15-21. doi: 10.25047/agriprima.v3i1.136.
- Patmi, YS, Pitoyo, A, Solichatun, S & Sutarno, S 2020, 'Effect of drought stress on morphological, anatomical, and physiological characteristics of Cempo Ireng Cultivar Mutant rice (*Oryza sativa* L.) strain 51 irradiated by gamma-ray', IOP Conf. Series: J. of Physics, 1436, 2020, hlm. 012015. doi:10.1088/1742-6596/1436/1/012015.
- Purwanto, E, Nandariyah, N, Yuwono, SS & Yunindanova, MB 2019, 'Induced mutation for genetic improvement in black rice using gamma-ray', AGRIVITA J. of Agric. Sci., vol. 41, no. 2, hlm. 213-220. <http://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.876>.
- Rosmala, A, Khumaida, N & Sukma, D 2015, 'Perubahan morfologi dan pertumbuhan handeuleum (*Graptophyllum pictum* L. Griff.) akibat iradiasi sinar gamma', J. Agron. Indon., vol. 43, no. 3, hlm. 235-241. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11250>.
- Saha, S 2016, 'Black Rice: The new age super food (An Extensive Review)', American International Journal of A Research in Formal, Appl. & Nat. Sci., vol. 16, no. 1, hlm. 51-55. <http://iasir.net/AIJRFANSpapers/AIJRFANS16-322.pdf>.

- Sari, TGP, Suliansyah, I & Akhir, N 2018, 'Seleksi galur M2 hasil mutasi bagi resistensinya terhadap serangan penyakit Blas', J. Agroteknologi Universitas Andalas, vol. 2, no. 1, hlm. 10-16. <https://doi.org/10.25077/jagur.2.1.10-16/2018>.
- Sianipar, J, Putri, L & Ilyas, S 2013, 'Pengaruh radiasi sinar gamma terhadap tanaman kacang hijau (*Vigna Radiata* L.) pada kondisi kekeringan', J. Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara, vol. 1, no. 2, hlm. 136-148. <https://doi.org/10.32734/jaet.v1i2.1521>.
- Song, JY, Kim, DS, Lee, MC, Lee, KJ, Kim, JB, Kim, SH, Ha, BK, Yun, SJ & Kang, SY 2012, 'Physiological characterization of gamma ray induced salt tolerant rice mutants', Australian J. of Crop Sci., vol. 6, no. 3, hlm. 421-429. <https://www.semanticscholar.org/paper/Physiological-characterization-of-gamma-ray-induced-Song-Kim/b7f585d3bc0627afc60de2920816c30410b1a5d9>.
- Syukur, M, Sujiprihari, S & Siregar, A 2010, 'Pendugaan parameter genetik beberapa karakter agronomi cabai F4 dan evaluasi daya hasilnya menggunakan rancangan perbesaran (*Augmented Design*)', J. Agrotropika, vol. 15, no. 1, hlm. 9-16. <https://doi.org/10.23960/ja.v15i1.4242>.
- Warid, W, Khumaida, N, Purwito, A & Syukur, M 2017, 'Pengaruh iradiasi sinar gamma pada generasi pertama (M1) untuk mendapatkan genotipe unggul baru kedelai toleran kekeringan', Agrotrop, vol. 7, no. 1, hlm. 11-21. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2017.v07.i01.p02>.
- Warman, B, Sobrizal, S, Suliansyah, I, Swasti, E & Syarif, A 2016, 'Perbaikan genetik kultivar lokal Sumatera Barat melalui mutasi induksi', J. Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, vol. 11, no. 2, hlm. 125-135. <https://doi.org/10.17146/jair.2015.11.2.2791>.
- Widayanti, S, Basunanda, P, Mitrowihardjo, S & Kristamtini, K 2017, 'Keragaman genetik dan heritabilitas karakter agronomi galur F4', Penelitian Pertanian Tanaman Pangan, vol. 1, no. 3, hlm. 191-200. <https://doi.org/10.21082/jpopt.v1n3.2017.p191-199>.
- Yasmine, F, Ullah MA, Ahmad, F, Rahman, MA & Harun AR 2019, 'Effects of chronic gamma irradiation on three rice varieties' J. Sains Nuklear Malaysia, vol. 31, no. 1, hlm. 1-10. <https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECTS-OF-CHRONIC-GAMMA-IRRADIATION-ON-THREE-RICE-Yasmine-Ullah/c24f9cb9698f5a24083a4a529d2852740385ae48>.

