



Karakterisasi Morfologi Galur Harapan M0 dan M3 Padi Hitam Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Morphological Characterization of Potential Lines M0 and M3 Black Rice Result of Gamma Ray Irradiation

Nandariyah^{1*}, Suci Prastyaningrum¹, Ida Manurung¹, Sutarno², Riyatun²

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia
Department of Biology, Faculty of Mathematics and Science, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Corresponding author: nandariyah@staff.uns.ac.id

Received: July 18, 2023; Accepted: September 21, 2023; Published: October 31, 2023

ABSTRACT

Cempo Ireng is a black rice from Sleman that has a long harvesting period, high posture, and low productivity. Efforts to overcome these problems are mutation induction with gamma irradiation and have produced potential lines (8, 51, and 52) with early maturing, plant height 140,26 cm, and productivity 4,71 tons/ha, but not yet resistant to brown planthopper (BPH). This research is a follow-up study of 200 Gy gamma irradiation treatment of three potential lines to improve BPH resistance traits and increase genetic diversity. This study aims to determine changes in morphological characteristics and obtain superior individuals. The research was conducted in paddy field of Pakahan Village, Jogonalan District, Klaten Regency in February - July 2022 using 8:1 *jajar legowo* system. Observations of 25 morphological characters were carried out on 30 plants of each lines and were based on the Rice Plant Characterization and Evaluation (2003). Data analyzed by descriptively and qualitatively using Chi Square test with table value at 5% significance. The results showed there were changes in 17 morphological characters in the M3 population of black rice from gamma irradiation and individual selection resulted in 12 mutant plants.

Keywords: Mutation; Brown planthopper; Cempo ireng; Selection: Diversity

Cite this as: Nandariyah., Prastyaningrum, S., Manurung, I., Sutarno., & Riyatun. (2023). Karakterisasi Morfologi Galur Harapan M0 dan M3 Padi Hitam Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 25(2), 70-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v25i2.90640>.

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman pangan yang setiap tahunnya mengalami kenaikan dari segi konsumsi. Konsumsi beras pada tahun 2022 sebesar 32,07 juta ton, atau mengalami kenaikan sebesar 718,03 ribu ton (2,29%) jika dibandingkan dengan konsumsi beras pada tahun 2021 yang hanya sebesar 31,36 juta ton (BPS 2022). Penyebab naiknya konsumsi beras ini salah satunya adalah anggapan masyarakat bahwa padi tidak hanya sebagai panganan pokok akan tetapi menjadi makanan yang diperuntukkan khusus untuk kesehatan, salah satunya yaitu padi hitam. Padi hitam memiliki senyawa antioksidan seperti flavonoid, asam fitrat, antosianin dan senyawa fenolik. Antosianin pada padi hitam tergolong tinggi yaitu sebesar 0,7953 mg/g sehingga padi hitam dianggap sebagai salah satu pangan fungsional sebab memiliki kandungan komponen aktif yang bermanfaat bagi kesehatan (Dwiatmini dan Afza 2018).

Tingginya permintaan pasar akan padi hitam terkendala oleh produktivitas padi hitam rendah (4,1 ton/hektar) dengan umur panen 4,5 bulan (Al Ghifari et al. 2021). Adapun salah satu varietas padi hitam yang dapat dikembangkan menjadi varietas unggul baru yaitu Cempo Ireng yang berasal dari Sleman. Cempo Ireng memiliki umur berbunga 81 hari setelah tanam (HST), umur panen 127 HST dengan tinggi tanaman 127 – 160

cm (Dzakirah et al. 2022). Usaha untuk mengatasi permasalahan dan mengembangkan padi hitam Cempo Ireng menjadi varietas unggul baru salah satunya yaitu dengan induksi mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma. Perbaikan karakter Cempo Ireng dengan iradiasi sinar gamma yang telah dilakukan oleh para peneliti mampu menghasilkan galur-galur harapan dengan karakter umur tanaman tergolong genjah yaitu 100 HST, umur berbunga 69 HST, tinggi tanaman 140,26 cm, dan produktivitasnya sebesar 4,71 ton/ha. Namun, galur-galur harapan yang dihasilkan tidak menunjukkan sifat ketahanannya terhadap wereng batang coklat (WBC), sehingga hal tersebut menjadi pembatas dalam upaya pelepasan varietas unggul baru (Nandariyah et al. 2021).

Upaya untuk memperbaiki karakter ketahanan terhadap WBC dan menambah keragaman genetik telah dimulai oleh peneliti dengan melakukan iradiasi ulang menggunakan dosis sinar gamma 200 Gy terhadap benih-benih padi tetua (M0) GH 8, GH 51 dan GH 52. Namun, untuk melakukan tahapan seleksi individu terhadap populasi M3 perlu diketahuinya karakter morfologi, agronomi maupun penanda karakter lainnya. Karakterisasi merupakan kegiatan untuk memperoleh informasi sifat morfologi padi hitam hasil iradiasi sinar gamma sehingga menjadi pertimbangan dalam pengembangan padi hitam. Penelitian ini merupakan

penelitian lanjutan dengan tujuan mengetahui karakter morfologi galur harapan hasil iradiasi sinar gamma generasi M3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benih hasil penanaman pada penelitian sebelumnya, serta varietas Cempo Ireng sebagai kontrol dan varietas Sembada sebagai pembandingan. Hasil penelitian diharapkan dapat menambah informasi keragaman genetik padi hitam generasi M3 sehingga dapat dimanfaatkan dalam tahapan seleksi individu dan bermanfaat dalam pengembangan padi hitam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan persawahan Desa Pakahan, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten dengan ketinggian tempat 164 mdpl pada Februari - Juli 2022. Bahan yang digunakan yaitu benih padi hitam M0(GH8'), M0(GH51'), M0(GH52'), M3(GH8'), M3(GH51'), M3(GH52'), benih varietas Cempo Ireng (kontrol) dan varietas Sembada (pembandingan). Bahan lain yaitu tanah regosol coklat kelabuan, 3,9 kg urea, 1,1 kg SP36, 0,7 kg KCl, NPK majemuk 3 kg, pupuk kandang 80 kg dan insektisida berbahan aktif klorantraniliprol. Alat yang digunakan yaitu cangkul, gunting, penggaris, meteran, alat tulis, tali rafia, ajir bambu, papan nama, plastik, kantong, *smartphone*, timbangan digital, label, dan busur.

Penelitian menggunakan perlakuan pengamatan pada setiap individu galur harapan 8, 51, dan 52 dengan membandingkan kontrol untuk mengetahui keragaman M3. Penanaman dilakukan dengan sistem jajar legowo 8:1 secara *single plant*. Sampel yang digunakan yaitu 30 tanaman setiap galurnya. Pengamatan karakteristik meliputi sudut daun, sudut daun bendera, warna telinga daun, warna lidah daun, warna helaian daun, umur berbunga, permukaan daun, panjang daun, lebar daun, tinggi tanaman, warna batang, jumlah anakan total, keluarnya malai, tipe malai, jumlah malai per rumpun, kerebahan, intensitas serangan WBC, umur tanaman, panjang malai, panjang gabah, lebar gabah, warna gabah, panjang beras, lebar beras, dan bobot 1000 biji. Pengamatan karakteristik morfologi didasarkan pada Panduan Sistem Karakteristik dan Evaluasi Tanaman Padi 2003, sedangkan karakterisasi intensitas serangan WBC didasarkan pada Petunjuk Teknis Pengamatan dan Pelaporan "OPT dan DPI" 2021. Data pengamatan berupa karakter kategorik dianalisis secara kualitatif dengan uji Chi Kuadrat dengan nilai tabel pada signifikansi 5%, sedangkan karakter non kategorik dianalisis secara deskriptif sesuai dengan Panduan Sistem Karakterisasi dan Evaluasi Tanaman Padi 2003.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Kategorik

Sudut Daun

Seluruh daun pada galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol) dan Sembada (pembandingan) tergolong pada kategori tegak sebab sudut keterbukaan antara batang utama dengan daun pertama setelah daun bendera sebesar $<45^{\circ}$ (Tabel 1). Tidak adanya perubahan pada karakter sudut daun ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap karakter sudut daun. Suliartini et al. (2022) menyatakan bahwa karakter yang tidak muncul mengindikasikan tidak terjadi mutasi pada gen pengatur suatu karakter karena mutasi iradiasi sinar gamma bersifat acak sehingga tidak dapat diarahkan pada suatu perubahan gen tertentu.

Sudut Daun Bendera

Seluruh sudut daun bendera pada galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol), dan Sembada (pembandingan) menunjukkan data yang seragam pada kategori tegak (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap karakter sudut daun bendera. Li et al. (2023) menyatakan bahwa sudut daun bendera ditentukan oleh sel pada sambungan lamina. Iradiasi sinar gamma tidak menyebabkan termutasinya struktur sambungan lamina maka tidak terjadi pemanjangan maupun pemendekan, dampaknya tidak terjadi perubahan pada sudut daun bendera

Warna Telinga Daun

Seluruh galur-galur harapan, Cempo Ireng, dan Sembada memiliki warna telinga daun putih (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap karakter warna telinga daun, sebab tidak perubahan warna telinga daun. Penelitian sebelumnya Salsabila et al. (2021) menghasilkan galur harapan 8 dengan warna telinga daun bergaris ungu. Namun pada penelitian ini warna tersebut tidak muncul. Kondisi ini terjadi karena mutasi yang dihasilkan bersifat diam. Suhesti et al. (2021) menjelaskan bahwa mutasi diam merupakan mutasi yang tidak terekspresi secara langsung pada fenotipnya. Hal tersebut disebabkan oleh mutasi basa pada DNA yang tidak mengakibatkan perubahan pada asam amino sehingga tidak mampu merubah sifat proteinnya dan perubahan tidak dapat disandikan.

Warna Helaian Daun

Seluruh galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol), dan Sembada (pembandingan) memiliki warna helaian daun hijau (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap karakter warna helaian daun. Iradiasi sinar gamma yang dilakukan tidak mengakibatkan termutasinya klorofil daun pada seluruh galur harapan, sebab menurut Mirantika et al. (2023), termutasinya klorofil daun akibat iradiasi sinar gamma ditandai dengan terpengaruhinya sintesis klorofil dan terjadi perubahan warna pada daun karena kloroplas terdiri dari DNA, RNA, serta enzim.

Warna Lidah Daun

Seluruh galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol), dan Sembada (pembandingan) memiliki warna lidah daun putih (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap karakter warna lidah daun. Berdasarkan penelitian Salsabila et al. (2021), warna lidah daun pada beberapa galur harapan 8 adalah bergaris ungu. Warna lidah daun bergaris ungu tersebut tidak lagi muncul pada galur harapan M3 perlakuan iradiasi yang dilakukan pada penelitian ini belum mampu memunculkan keragaman baru. Tidak munculnya perbedaan warna lidah daun juga dapat disebabkan oleh mutasi bersifat diam, menurut Maity dan Thakur (2019) mutasi diam dapat menyebabkan tidak ada efek yang terlihat sama sekali.

Panjang Daun

Panjang daun M3(GH52') didominasi kategori pendek (21-40 cm), sedangkan galur harapan lainnya, Cempo Ireng (kontrol), dan Sembada (pembandingan) didominasi dengan kategori sedang (41-60 cm) (Tabel 1). Perbedaan kategori panjang daun menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap karakter panjang daun. Mardiyah et al. (2022)

menyatakan bahwa sinar gamma 200 Gy mempersempit keragaman panjang daun padi sebab energi yang terbentuk merusak komponen sel tanaman dari ketahanan gen sehingga berakibat pada kerusakan morfologi tanaman.

Permukaan Daun

Seluruh galur harapan memiliki permukaan daun sedang, sedangkan Cempo Ireng (kontrol) dan Sembada (pembanding) memiliki permukaan daun berambut (Tabel 1). Hamaoka et al. (2017) menyatakan bahwa pada permukaan padi terdapat rambut yang tersusun pada sel silika dan muncul di sepanjang baris stomata, rambut tersebut dapat memanjang maupun memendek. Perbedaan karakter permukaan daun merupakan dampak positif iradiasi sinar gamma yang mampu mengakibatkan termutasinya gen pengatur rambut sehingga mengakibatkan rambut memendek dan permukaan daun seluruh galur harapan tergolong sedang.

Warna Batang

Seluruh galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding) memiliki karakter warna batang hijau (Tabel 1). Tidak adanya perubahan warna batang pada galur-galur harapan disebabkan oleh iradiasi sinar gamma yang tidak mampu mengubah gen pengendali pigmen khususnya antosianin. Wayan et al. (2019) menyatakan bahwa pigmen antosianin dikendalikan oleh gen dan keberadaannya pada epidermis sel batang mampu membuat warna batang menjadi gelap.

Tinggi Tanaman

Ada perbedaan karakter antara seluruh galur-galur harapan (M0 dan M3) dengan Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding). Galur harapan M0, Cempo Ireng (kontrol) dan Sembada (pembanding) didominasi dengan karakter tanaman yang tinggi yakni lebih dari 130 cm. Sementara itu, galur harapan M3 didominasi karakter tanaman yang sedang (110 – 130 cm) (Tabel 1). Galur harapan M3 memiliki tanaman yang lebih pendek dibandingkan tanaman pada galur harapan M0, sebab M3 memiliki kategori sedang sedangkan M0 kategori tinggi. Berkurangnya tinggi tanaman pada galur-galur harapan menurut Saputra et al. (2021) disebabkan oleh radiasi sinar gamma mengontrol gen kategori tinggi sehingga yang semula sebagai gen dominan termutasi ke arah resesif dan mengakibatkan dominasi pada gen kategori pendek.

Keluarnya Malai

Keluarnya malai pada galur harapan M3 dan Sembada (pembanding) didominasi oleh kategori seluruh malai dan leher keluar, sedangkan pada galur harapan M0 dan Cempo Ireng (kontrol) didominasi kategori seluruh malai keluar leher sedang (Tabel 1). Kemampuan keluarnya malai ini menjadi penanda bahwa tidak terjadi kecacatan secara genetik meskipun beberapa malai keluar sebatas leher saja. Adanya perbedaan karakter keluarnya malai merupakan dampak dari mutasi genetik oleh iradiasi sinar gamma. Kant dan Chakraborty (2021) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma mampu mengakibatkan pemanjangan malai sehingga menyebabkan terjadinya malai untuk seluruhnya keluar.

Tipe Malai

Ada perbedaan tipe malai yaitu seluruh galur-galur

harapan M0, Cempo Ireng (kontrol) dan Sembada (pembanding) didominasi tipe malai kategori kompak, sedangkan galur harapan M3 tipe malainya adalah antara kompak dan sedang (Tabel 1). Pada M3(GH8') muncul kategori antara sedang dan terbuka dengan frekuensi sebesar 6,7% yang mana kategori tersebut tidak muncul pada galur-galur lainnya. Kemunculan kategori baru pada tipe malai mengindikasikan iradiasi sinar gamma dapat memperbaiki karakter tipe malai dari tipe yang sebelumnya. Li et al. (2021) menyatakan bahwa mutasi pada gen penyusun cabang malai dan bulir menyebabkan perubahan tipe malai.

Kerebahan

Kerebahan tertinggi terjadi pada M0(GH8') dengan kategori peka, sedangkan M0(GH51') dan M0(GH52') memiliki kategori kerebahan agak peka. Galur harapan M3, Cempo Ireng (kontrol), dan Sembada (pembanding) didominasi kategori kerebahan agak tahan (Tabel 1). Galur M0(GH8'), M0(GH51'), M0(GH52'), M3(GH8') tergolong lebih banyak mengalami kerebahan dibandingkan Cempo Ireng (kontrol). Sementara, pada galur M3(GH51') dan M3(GH52') tergolong lebih tahan rebah dibandingkan Cempo Ireng (kontrol). Galur M3 memiliki tingkat kerebahan yang lebih tahan dibandingkan M0 sehingga dapat dikatakan bahwa iradiasi sinar gamma mampu mempengaruhi tingkat kerebahan. Karakter batang tanaman sering dikaitkan dengan kerebahan, Marliani et al. (2019) menyatakan bahwa serat epidermis batang dan lignin yang tidak tersusun dengan baik menyebabkan berkurangnya ketegaran batang sehingga batang mudah rebah. Dengan demikian, iradiasi sinar gamma mempengaruhi karakter batang, dampaknya galur-galur harapan M3 memiliki karakter batang yang lebih baik sehingga lebih tahan terhadap kerebahan.

Warna Gabah

Warna gabah pada galur harapan M0, M3 dan Cempo Ireng (kontrol) didominasi warna kuning jerami, sedangkan Sembada (pembanding) didominasi warna garis coklat pada latar berwarnakuning jerami (Tabel 1). Perbedaan yang terjadi pada warna gabah tidak signifikan sehingga hasil uji chi kuadrat menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma tidak berpengaruh terhadap warna gabah. Aryana et al. (2017) menambahkan bahwa warna gelap beras padi hitam ditentukan oleh antosianin yang diproduksi oleh aleuron dan endospermanya. Berdasarkan hal tersebut, iradiasi sinar gamma tidak menyebabkan termutasinya aleuron dan endosperm sehingga antosianin yang diproduksi tidak meningkat dan tidak menyebabkan warna gelap pada gabah galur-galur harapan

Panjang Gabah

Seluruh galur-galur harapan, Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding) tergolong dalam kategori sangat panjang (>7,5 mm) (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perubahan pada karakter panjang gabah. (N. Li et al. 2018) menyatakan bahwa panjang gabah dikontrol oleh perluasan sel pada sekam. Berdasarkan hal tersebut, iradiasi sinar gamma tidak menimbulkan mutasi sel pada sekam sehingga tidak mengalami perubahan panjang pada gabah.

Panjang Beras

Ada perbedaan karakter panjang beras yaitu M0(GH8') didominasi oleh kategori sedang,

sedangkan galur harapan lainnya, Cempo (kontrol) dan Sembada (pembanding) didominasi oleh kategori panjang (Tabel 1). Frekuensi kemunculan panjang beras kategori sedang pada populasi M3 lebih rendah dibandingkan pada populasi M0. Hal ini menandakan bahwa iradiasi sinar gamma menimbulkan terjadinya penambahan panjang beras pada populasi M3 sehingga kategori sedang berkurang dan beralih pada

kategori panjang. Panjang beras dalam pembentukannya dipengaruhi oleh gen, menurut X. Li et al. (2018) gen berperan mengatur kemampuan pembentukan komponen utama penyusunan biji yaitu protein dan amilosa. Berdasarkan hal tersebut, peningkatan panjang beras dipengaruhi oleh iradiasi sinar gamma yang mampu menyebabkan gen pengatur pembentukan protein dan amilosa termutasi.

Tabel 1. Data Karakter Kategorik Padi Hitam

Karakter	GH 8		GH 51		GH 52		Cempo Ireng (Kontrol)	Sembada (Pembanding)
	M0	M3	M0	M3	M0	M3		
Sudut Daun	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak
Sudut daun bendera	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak
Warna telinga daun	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
Warna helaian daun	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
Warna lidah daun	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
Panjang daun	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Pendek ^a	Sedang	Sedang
Permukaan daun	Sedang	Sedang ^d	Sedang	Sedang ^d	Sedang	Sedang ^d	Berambut	Berambut
Warna batang	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
Tinggi tanaman	Tinggi	Sedang ^a	Tinggi	Sedang ^a	Tinggi	Sedang ^a	Tinggi	Tinggi
Keluarnya malai	Seluruh malai dan leher keluar sedang	Seluruh malai dan leher keluar ^a	Seluruh malai dan leher keluar sedang	Seluruh malai dan leher keluar ^a	Seluruh malai dan leher keluar sedang	Seluruh malai dan leher keluar ^a	Seluruh malai dan leher keluar sedang	Seluruh malai dan leher keluar
Tipe malai	Kompak	Antara kompak dan sedang ^a	Kompak	Antara kompak dan sedang ^a	Kompak	Antara kompak dan sedang ^a	Kompak	Kompak
Kerebahan	Peka	Agak Tahan ^a	Agak Peka	Agak Tahan ^a	Agak Peka	Agak Tahan ^a	Agak Tahan	Agak Tahan
Warna gabah	Kuning Jerami	Kuning Jerami ^c	Kuning Jerami	Kuning Jerami ^c	Kuning Jerami	Kuning Jerami ^c	Kuning Jerami	Garis Coklat
Panjang gabah	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang	Sangat Panjang
Panjang beras	Sedang	Panjang ^a	Panjang	Panjang	Panjang	Panjang	Panjang	Panjang

Keterangan: GH = Galur Harapan; M0 = generasi iradiasi awal (tetua), M3 = generasi iradiasi ulang; a = berbeda dengan M0; b = berbeda dengan Cempo Ireng; c = berbeda dengan Sembada; d = berbeda dengan Cempo Ireng dan Sembada.

Karakter Non Kategorik Umur berbunga

Galur harapan M0 dan M3 memiliki umur berbunga lebih awal dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding). Populasi M3(GH52') memiliki umur berbunga paling cepat yaitu 68 HST. Populasi M3(GH52') berbunga lebih cepat 2 hari dibandingkan M0(GH52') (Tabel 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan radiasi ulang (M3) mampu memperpendek umur berbunga. Umur berbunga M3(GH52') lebih cepat 11 hari dibanding Cempo Ireng (kontrol) dan 19 hari lebih cepat dibanding Sembada (pembanding). Iradiasi sinar gamma 200 Gy pada padi menurut Rajagukguk et al. (2020) menghasilkan umur berbunga 6 hari lebih cepat dibandingkan tanaman aslinya. Perubahan genetik yang dihasilkan iradiasi sinar gamma terjadi karena bertambah atau berkurangnya basa tanaman dalam suatu molekul DNA tanaman.

Lebar daun

Lebar daun tertinggi dimiliki M0(GH8') dengan rata-rata lebar daun sebesar 1,8 cm, sedangkan lebar daun yang terendah yaitu pada Sembada (pembanding) dengan rata-rata lebar daun sebesar 1,5 cm. Rata-rata lebar daun M0(GH52'), M3(GH8'), M3(GH51'), dan Cempo Ireng (kontrol) besarnya sama yaitu 1,6 cm, sedangkan M0(GH51') dan M3(GH52') lebar daunnya sebesar 1,7 cm (Tabel 2). Populasi M3(GH8') memiliki rata-rata lebar daun lebih rendah dibandingkan M0(GH8'), hal ini menunjukkan berkurangnya rata-rata lebar daun. Namun pada M3(GH52'), rata-rata lebar daun bertambahnya 0,1 cm lebih tinggi dibandingkan dengan M0(GH52'). Hasil tersebut menunjukkan iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap lebar daun dengan ditandai dengan berkurang dan bertambahnya lebar daun. Tumanggor and Iswahyudi (2022) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma mampu memperluas

keragaman lebar daun padi berupa peningkatan maupun penurunan nilai lebar daun.

Jumlah Anakan Total

Rata-rata jumlah anakan total tertinggi terdapat pada M3(GH51') sebesar 16,93, sedangkan rata-rata terendah terdapat pada M0(GH52') dengan sebesar 13,57. Rata-rata jumlah anakan total M0(GH8'), M3(GH8'), M3(GH51'), M3(GH52') lebih tinggi dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding). Sementara pada M0(GH51') dan M0(GH52') rata-rata jumlah anakannya lebih sedikit dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) dan Sembada (pembanding) (Tabel 2). Rata-rata jumlah anakan total M3 lebih tinggi dibanding M0 dan Cempo Ireng (kontrol), hal ini menunjukkan bahwa perlakuan ulang iradiasi sinar gamma meningkatkan jumlah anakan total pada galur harapan M3. EL-Refaei et al. (2017) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma mampu memberikan peningkatan yang signifikan terhadap jumlah anakan yaitu dapat meningkatkan hingga 4 buah anakan.

Panjang Malai

Panjang malai dengan rata-rata tertinggi terdapat pada M3(GH52') dengan rata-rata sebesar 25,7 cm, sedangkan rata-rata panjang malai terendah terdapat pada M0(GH51') dengan rata-rata sebesar 23,4 cm (Tabel 2). Rata-rata panjang malai M3 lebih tinggi dibandingkan M0, Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan ulang iradiasi sinar gamma menyebabkan termutasinya gen pengatur panjang malai galur harapan M3 sehingga ukuran malai bisa menjadi bertambah panjang. Karina et al. (2020) menyatakan bahwa malai yang panjang akan menghasilkan semakin banyak biji sehingga bobot malai akan semakin meningkat.

Jumlah Malai Per Rumpun

Jumlah malai per rumpun dengan rata-rata tertinggi terdapat pada M3(GH8') sebesar 14,23, sedangkan rata-rata terendah terdapat pada M0(GH52') sebesar 11,96. Rata-rata jumlah malai per rumpun M3(GH8') lebih tinggi dibandingkan M0(GH8'), Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding), sedangkan M0(GH51'), M0(GH52'), M3(GH51'), dan M3(GH52') rata-rata jumlah malai per rumpunnya lebih rendah dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) (Tabel 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap jumlah malai per rumpun sebab rata-rata jumlah malai per rumpun bertambah. Hal ini sesuai dengan Bagheri et al. (2022) bahwa iradiasi sinar gamma 200 Gy memberikan peningkatan 2-6 malai per rumpunnya.

Intensitas Serangan Wereng Batang Coklat (WBC)

Intensitas serangan WBC terendah yaitu pada M3(GH51'), M3(GH52') dan Sembada (pembanding) dengan presentase 0%, sedangkan intensitas serangan tertinggi yaitu pada M0(GH8') dengan presentase 73,3%. Galur M0(GH51') memiliki presentase intensitas serangan 69,3%, M0(GH52') sebesar 64%, M3(GH8') sebesar 20% dan Cempo Ireng (kontrol) sebesar 13,3% (Tabel 2). Intensitas serangan WBC pada galur M3 lebih rendah dibandingkan pada M0. Iradiasi sinar gamma menghasilkan M3(GH51') dan M3(GH52') dengan ketahanan terhadap serangan WBC yang lebih baik dibandingkan Cempo Ireng (kontrol).

Serangan WBC menurut Zulaikha et al. (2021) dapat dipengaruhi oleh karakter batang. Batang dengan

karakter yang kuat dan keras tidak disukai oleh WBC sehingga WBC tidak menginfeksi batangnya. Hal ini didukung dengan penelitian Dzakhirah et al. (2022) yang menyatakan bahwa perlakuan iradiasi sinar gamma 200 Gy menghasilkan padi hitam galur harapan M2 dengan kandungan lignin batang sebesar 14,5%-20,22%. Kandungan lignin di atas 12% umumnya memiliki ketahanan terhadap WBC sebab lignin berperan dalam membentuk batang yang kuat dan kaku, serta memberikan karakter jaringan kayu pada batang. Roy et al. (2018) menambahkan bahwa ketebalan batang padi meningkat dari kategori lemah menjadi sedang akibat mutasi oleh iradiasi sinar gamma. Berdasarkan hal tersebut, iradiasi sinar gamma mampu menyebabkan batang galur M3 menjadi lebih tebal, kuat dan keras sehingga WBC tidak menginfeksi batang padi.

Umur Tanaman

Seluruh galur-galur harapan memiliki umur tanaman 112 HST yang mana lebih singkat dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) maupun Sembada (pembanding) (Tabel 2). Umur tanaman M3(GH8'), M3(GH51'), dan M3(GH52') 10 hari lebih singkat dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) dan 18 hari lebih singkat dibandingkan Sembada (pembanding). Galur M3 memiliki umur yang lebih singkat dibandingkan tanaman M0, hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma mampu menghasilkan tanaman M3 dengan umur tanaman lebih singkat. Hal ini sesuai dengan Saweho et al. (2019) bahwa iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy dapat mengakibatkan mutasi pada kromosom sehingga dapat menyebabkan umur menjadi lebih pendek. Fitri Masruroh et al. (2016) menambahkan bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan perubahan pada susunan kromosom dan DNA, dengan demikian merangsang munculnya mutasi yang mempengaruhi metabolisme (fotosintesis). Hal ini menyebabkan tanaman akan tumbuh lebih cepat sehingga memiliki umur tanaman yang lebih singkat.

Lebar Gabah

Seluruh galur harapan memiliki rata-rata lebar gabah lebih rendah dibandingkan dengan Sembada (pembanding). Terdapat kesamaan lebar gabah pada M0(GH51'), M0(GH52'), M3(GH8') dan Cempo Ireng (kontrol) yaitu sebesar 2,9 mm. M0(GH8'), M3(GH51'), dan M3(GH52') memiliki rata-rata lebar gabah 3,0 mm yang mana rata-rata tersebut lebih rendah 0,1 mm dari Sembada (pembanding), namun lebih tinggi 0,1 mm dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan bertambahnya lebar gabah M3(GH51') dan M3(GH52') meskipun pertambahannya tidak signifikan. Usman et al. (2020) menyatakan bahwa gen akan mengatur lebar gabah dengan meningkatkan atau menurunkan ukuran sel bagian dalam epidermis lemma. Dengan demikian, iradiasi sinar gamma mengakibatkan sel epidermis lemma termutasi sehingga berdampak pada pertambahan dan pengurangan lebar gabah pada galur-galur harapan.

Lebar Beras

Galur M0(GH8'), M0(GH51'), dan M0(GH52') memiliki rata-rata lebar beras 2,1 mm yang mana lebih rendah 0,1 mm dibandingkan Cempo Ireng (kontrol), sedangkan M3(GH8'), M3(GH51') dan M3(GH52') rata-rata lebar berasnya 2,0 mm yang mana lebih rendah 0,2

mm dibandingkan Cempo Ireng (kontrol) (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan berkurangnya rata-rata lebar beras pada galur harapan. Mardiyah et al. (2022) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma 200 Gy menghasilkan ukuran beras yang lebih kecil dibandingkan tanpa iradiasi sinar gamma, akan tetapi perubahan tersebut kecil atau tidak signifikan. Li et al. (2019) menambahkan bahwa terjadinya mutasi pada gen-gen yang berkaitan dengan biosintesis seperti gen pengatur produksi pati biasanya akan menghasilkan lebar beras yang kecil.

Bobot 1.000 Biji

Galur M3(GH8') memiliki rata-rata bobot 1000 biji tertinggi yaitu sebesar 23,1 g, sedangkan bobot terendah

galur-galur harapan yaitu pada M0(GH52') dengan rata-rata sebesar 20,3 g. Bobot 1000 biji pada Cempo Ireng (kontrol) memiliki rata-rata sebesar 21,3 g (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa bobot 1000 biji M0(GH8'), M0(GH51'), M3(GH8'), M3(GH51') dan M3(GH52') lebih tinggi dibandingkan Cempo Ireng (kontrol), sedangkan M0(GH52') lebih rendah dibandingkan Cempo Ireng (kontrol). Perlakuan iradiasi ulang menyebabkan bertambahnya bobot biji pada galur harapan M3. Melati et al. (2023) menambahkan bahwa perubahan berat 1000 biji pada tanaman mutan hasil iradiasi sinar gamma menunjukkan terjadinya perubahan jumlah dan ukuran sel endosperma dalam biji.

Tabel 1. Data Karakter Non Kategorik Padi Hitam

Karakter	GH 8		GH 51		GH 52		Cempo Ireng (Kontrol)	Sembada (Pembanding)
	M0	M3	M0	M3	M0	M3		
Umur berbunga (HST)	72	70	70	70	70	68	79	87
Lebar daun (cm)	1,8	1,7	1,7	1,8	1,6	1,7	1,6	1,5
Jumlah anakan total	16,17	16,30	13,80	16,93	13,57	16,56	14,03	16,10
Panjang malai (cm)	23,9	25,5	23,4	25,6	24,2	25,7	24,7	24,50
Jumlah malai per rumpun	14,16	14,23	12,93	13,06	11,96	12,36	13,50	14,20
Intensitas Serangan WBC (%)	73,3	20	69,3	0	64	0	13,3	0
Umur tanaman (HST)	114	112	114	112	113	112	122	130
Lebar gabah (mm)	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	2,9	3,1
Lebar beras (mm)	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,0	2,2	2,5
Bobot 1000 biji (g)	22,3	23,1	22,7	22,7	20,3	22,7	21,3	23,0

Keterangan: GH = Galur Harapan, M0 = Generasi iradiasi awal (tetua), M3 = Generasi iradiasi ulang, HST = Hari Setelah Tanam, WBC = Wereng Batang Coklat

Seleksi Individu Tanaman

Penelitian ini menggunakan kriteria seleksi tinggi tanaman sedang (<130 cm), berumur genjah (<115 HST), tahan terhadap WBC (intensitas serangan 0%), kerebahan kurang dari 40%, jumlah anakan lebih dari 10

anakan, panjang malai lebih dari kontrol Cempo Ireng (>24.7), beras kategori panjang (6,61-7,5 mm), bobot 1000 biji lebih dari kontrol Cempo Ireng (> 21,3 g). Individu tanaman yang memenuhi semua kriteria tersebut adalah (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil Seleksi Individu Padi Hitam Populasi M3

No	Galur	Karakter seleksi							
		Tinggi tanaman (cm)	Umur panen (HST)	WBC (%)	Kerebahan (%)	Jumlah anakan	Panjang malai (cm)	Panjang beras (mm)	Bobot 1000 biji (g)
1.	M3(GH8')-3	115	112	0	30	18	25	7	23.4
2.	M3(GH8')-7	117	112	0	25	19	28	8	24.7
3.	M3(GH51')-6	122	112	0	30	19	24	7	22
4.	M3(GH51')-22	117	112	0	30	17	25.5	7	23.5
5.	M3(GH51')-25	121	112	0	30	21	25.5	7	23.4
6.	M3(GH52')-3	116	112	0	25	17	25.5	7	22.6
7.	M3(GH52')-8	118	112	0	25	16	25	7	21.9
8.	M3(GH52')-16	120	112	0	30	18	26	7	22.7
9.	M3(GH52')-18	116	112	0	30	19	25.5	7	22.5
10.	M3(GH52')-22	124	112	0	30	26	28	7	23.3
11.	M3(GH52')-26	115	112	0	25	15	24.5	7	23.3
12.	M3(GH52')-30	111	112	0	25	18	26	7	23.6

Keterangan: WBC = Wereng Batang Coklat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Terdapat 17 karakter morfologi pada padi hitam M3 hasil iradiasi sinar gamma yang mengalami perubahan meliputi karakter panjang daun, permukaan daun, tinggi tanaman, keluarnya malai, tipe malai, kerebahan,

panjang beras, umur berbunga, lebar daun, jumlah anakan total, panjang malai, jumlah malai, intensitas serangan WBC, umur tanaman, lebar gabah, lebar beras, dan bobot 1000 biji. Seleksi individu tanaman menghasilkan 12 tanaman mutan populasi M3 yaitu galur M3(GH8')-3, M3(GH8')-7, M3(GH51')-6, M3(GH51')-22, M3(GH51')-25, M3(GH52')-3,

M3(GH52')-8, M3(GH52')-16, M3(GH52')-18,
M3(GH52')-22, M3(GH52')-26, M3(GH52')-30

Saran

Sebaiknya dilakukan uji genetik untuk menganalisis secara spesifik terjadinya perubahan struktur genetik dan perlu dilakukannya seleksi pada generasi selanjutnya agar memiliki karakter yang stabil sehingga dapat dikembangkan menjadi varietas baru

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2022. Luas panen dan produksi padi di Indonesia 2022. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Aryana M-, Sudharmawan A, Sumarjan S, Anugrahwati DR. 2017. Penampilan galur harapan F9 padi beras hitam hasil persilangan baas selem dan situ patenggang. *J Sains Teknologi & Lingkungan*. 3(2). doi:10.29303/jstl.v3i2.37.
- Bagheri L, Saadatmand S, Soltani N, Niknam V. 2022. Evaluation of the saline tolerance of gamma-ray-induced mutant lines of rice (*Oryza sativa* L.) under eld conditions. 1-27.
- Dwiatmini K, Afza H. 2018. Karakterisasi kadar antosianin varietas lokal padi warna sebagai SDG pangan fungsional. *Buletin Plasma Nutfah*. 24(2):125–134.
- Dzakirah RI, Nandariyah, Parjanto, Riyatun. 2022. Phenotype and lignin content black rice mutant of gh 51 line. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 1114(1):012012. doi:10.1088/1755-1315/1114/1/012012.
- EL-Refae Y, Hadifa A, EL-Shafey R. 2017. Induction of genetic variability for some agronomic traits and blast disease resistance in egyptian rice variety sakha101. *J of Plant Production*. 8(12):1373–1381. doi:10.21608/jpp.2017.42011.
- Fitri M, Samanhudi, Sulanjari, Ahmad Y. 2016. Improvement of Rice (*Oryza sativa* L.) var. Cihorang and Cempo Ireng productivity using gamma irradiation. *J Agric Sci Techn B*. 6(5). doi:10.17265/2161-6264/2016.05.001.
- Al Ghifari SU, Supriyanta S, Kristantini K, Basunanda P, Alam T, Widyawan MH, Taryono T. 2021. Evaluasi galur harapan padi hitam berdaya hasil tinggi dan berumur genjah. *vegetalika*. 10(2):94-106. doi:10.22146/veg.45011.
- Hamaoka N, Yasui H, Yamagata Y, Inoue Y, Furuya N, Araki T, Ueno O, Yoshimura A. 2017. A hairy-leaf gene, blanket leaf, of wild *Oryza nivara* increases photosynthetic water use efficiency in rice. *Rice*. 10(1):20. doi:10.1186/s12284-017-0158-1.
- Kant A, Chakraborty NR. 2021. Induction of mutation through gamma irradiation in non-basmati aromatic 'badshahog' rice (*Oryza sativa* L.). *Appl Bio Res*. 23(1):50–59. doi:10.5958/0974-4517.2021.00007.0.
- Karina D, Efendi E, Basri H. 2020. Performansi padi lokal mutan M8 dan pemupukan terhadap stress air pada lahan suboptimal. *J Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2):267–276. doi:10.17969/jimfp.v5i2.14852.
- Li G, Zhang H, Li J, Zhang Z, Li Z. 2021. Genetic control of panicle architecture in rice. *Crop J*. 9(3):590–597. doi:10.1016/j.cj.2021.02.004.
- Li N, Xu R, Duan P, Li Y. 2018. Control of grain size in rice. *Plant Reprod*. 31:237–251.
- Li X, Tao Q, Miao J, Yang Z, Gu M, Liang G, Zhou Y. 2019. Evaluation of differential qPE9-1/DEP1 protein domains in rice grain length and weight variation. *Rice*. 12(1):5. doi:10.1186/s12284-019-0263-4.
- Li X, Wu L, Geng X, Xia X, Wang X, Xu Z, Xu Q. 2018. Deciphering the environmental impacts on rice quality for different rice cultivated areas. *Rice*. 11(1):1–10.
- Li Z, Liu J, Wang X, Wang J, Ye J, Xu S, Zhang Y, Hu D, Zhang M, Xu Q, et al. 2023. LG5, a novel allele of eui1, regulates grain size and flag leaf angle in rice. *Plants*. 12(3):675. doi:10.3390/plants12030675.
- Maity N, Thakur A. 2019. A Peer review on the development of agronomic traits through physical and chemical mutagens. *Think India J*. 22(17):2342–2356.
- Mardiyah A, Wandira A, Syahril M. 2022. Variabilitas dan heritabilitas populasi padi gogo kultivar aarias kuning generasi mutan-1 hasil iradiasi sinar gamma. *J Inovasi Penelitian*. 3(2):4827–4838.
- Marliani L, Sumadi S, Nurmala T. 2019. Respons pertumbuhan, hasil, dan tingkat kerebahan padi varietas IPB 3S terhadap pupuk hayati dan nano silika. *Kultivasi*. 18(2). doi:10.24198/kultivasi.v18i2.18808.
- Melati O, Swasti E, Suliansyah I. 2023. Uji daya hasil mutan M5 padi beras merah (*Oryza sativa* L.) dengan pola tanam sistem jajar legowo. *J Pertanian Agros*. 25(2):1181–1188.
- Mirantika D, Nurhidayah S, Nasrudin N, Rahayu S. 2023. Pendugaan keragaman genetik dan heritabilitas mutan padi hitam (*Oryza sativa* L.) generasi M2 hasil iradiasi sinar gamma. *J Agroteknologi*. 13(2):91. doi:10.24014/ja.v13i2.21439.
- Nandariyah, Sukaya, Pujiasmanto B, Chasanah U. 2021. The yield of three promising lines cempo ireng black rice M7 generation from gamma-ray irradiation. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 824(1):012072. doi:10.1088/1755-1315/824/1/012072.
- Rajagukguk E, Rosmayati R, Rahmawati N. 2020. The response of growth and production of red rice of the bahbutong and aek sibudong varieties to gamma-ray irradiations. In: *Proceedings of the The 3rd Int Conf Community Res and Service Engagements, IC2RSE 2019, 4th December 2019, North Sumatra, Indonesia*. EAI.
- Roy B, Kumar V, Tulsiram SD, Das BK. 2018. Development of high yielding aromatic mutants of rice (*Oryza sativa* L.) from a local aromatic cultivar, Tulaipanji by using gama radiation. *Indian J Of Genetics And Plant Breeding*. 78(04):409–416.
- Salsabila N, Nandariyah, Yuniastuti E, Pujiasmanto B, Sutarno. 2021. Morphological characterization of 3 potential lines Cempo Ireng black rice result of Gamma-Ray irradiation. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 905(1):012024. doi:10.1088/1755-1315/905/1/012024.
- Saputra J, Syahril M, Murdhiani. 2021. Keragaman populasi padi kultivar silesio generasi mutan-1 hasil radiasi sinar gamma. *J Penelitian Agrosamudra*. 8(1):34–40. doi:10.33059/jupas.v8i1.3173.
- Saweho MF, Purwanto E, Yunus A. 2019. The short-

- stemmed selection of M4 generation of Mentik Susu rice mutants as irradiation result with 200 gray gamma ray. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 250:012034. doi:10.1088/1755-1315/250/1/012034.
- Suhesti S, Syukur M, Husni A, Hartati RS. 2021. Increased genetic variability of sugarcane through gamma ray irradiation. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 653(1):012134. doi:10.1088/1755-1315/653/1/012134.
- Suliantini NWS, Aryana IGPM, Sudharmawan AAK, Sudika IW. 2022. Kandidat Galur Unggul Mutan Padi G16 Hasil Induksi Mutasi dengan Sinar Gamma. J Sains Teknologi & Lingkungan. 8(1):66–72. doi:10.29303/jstl.v8i1.293.
- Tumanggor GE, Iswahyudi AM. 2022. Pertumbuhan, produksi dan karakter genetik padi kultivar silesi generasi M-2 hasil iradiasi sinar gamma. J Penelitian Agrosamudra. 9(2):31–40.
- Usman B, Nawaz G, Zhao N, Liu Y, Li R. 2020. Generation of high yielding and fragrant rice (*Oryza sativa* L.) lines by crispr/cas9 targeted mutagenesis of three homoeologs of cytochrome p450 gene family and osbadh2 and transcriptome and proteome profiling of revealed changes triggered by mutations. Plants. 9(6):788. doi:10.3390/plants9060788.
- Wayan N, Suliantini S, Wijayanto T, Madiki A, Aryana M. 2019. Padi gogo dan perbaikan genetik melalui induksi mutasi. LPPM Universitas Mataram, Mataram.
- Zulaikha E, Arneti A, Busniah M. 2021. Menguji tingkat serangan wereng batang coklat nilaparvata lugens stal (Hemiptera: Delphacidae) pada varietas padi asal pasaman di rumah kaca. JPT: J Proteksi Tanaman (J of Plant Protection). 5(1):55. doi:10.25077/jpt.5.1.55-59.2021.