

Seleksi Mutan M5 Padi Beras Merah 200 Gy dan 300 Gy Berdasarkan Sifat Agronomi Menggunakan Analisis Hierarchical Clustering

Selection of M5 Mutants of Red Rice 200 Gy and 300 Gy Based on Agronomic Traits Using Hierarchical Clustering Analysis

Luluk Qolbuana¹, A.A. Ketut Sudharmawan¹, Ni Wayan Sri Suliartini¹

¹(Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

*corresponding author, email: lulukqolbu@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan seleksi awal galur mutan M5 padi beras merah hasil iradiasi gamma 200 Gy dan 300 Gy melalui pengelompokan multivariat sifat agronomi menggunakan analisis *Hierarchical Clustering*, serta mengidentifikasi klaster yang mengandung kandidat galur unggul sebagai dasar pengembangan lebih lanjut. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bagik Payung, Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat pada bulan Maret–Agustus 2024 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan terdiri atas 20 genotipe mutan dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 60 unit percobaan. Analisis yang digunakan yaitu ANOVA, uji BNT 5% dan analisis *Hierarchical Clustering* terhadap galur mutan dan tanaman kontrol. Hasil analisis menunjukkan terbentuknya tiga klaster, yaitu klaster A, B, dan C. Klaster B yang terdiri atas genotipe G4, G11, G12, dan G17, memiliki komponen hasil relatif lebih tinggi dibandingkan klaster lainnya. Di antara genotipe tersebut, G12 memiliki performa hasil setara dengan varietas kontrol, sehingga berpotensi menjadi kandidat galur unggul pada tahap seleksi awal. Namun, genotipe ini masih memerlukan pengujian lanjutan, khususnya uji stabilitas dan uji multilokasi, sebelum dapat direkomendasikan sebagai galur unggul yang stabil.

Kata kunci: klaster; galur; iradiasi; dendrogram

ABSTRACT

This study aims to conduct initial selection of M5 mutant lines of red rice resulting from 200 Gy and 300 Gy gamma irradiation through multivariate grouping of agronomic traits using *Hierarchical Clustering* analysis, and to identify clusters containing superior line candidates as a basis for further development. This study was conducted in Bagik Payung Village, Suralaga District, East Lombok Regency, West Nusa Tenggara in March–August 2024 using a Randomized Block Design (RBD). The treatment consisted of 20 mutant genotypes with three replications to obtain 60 experimental units. The analysis used was ANOVA, 5% LSD test and *Hierarchical Clustering* analysis on mutant lines and control plants. The results of the analysis showed the formation of three clusters, namely clusters A, B, and C. Cluster B consisting of genotypes G4, G11, G12, and G17, had a relatively higher yield component compared to the other clusters. Among these genotypes, G12 has yield performance comparable to the control variety, making it a potential candidate for superior lines in the initial selection stage. However, this genotype still requires further testing, particularly stability and multi-location testing, before it can be recommended as a stable superior line.

Keywords: cluster; strain; irradiation; dendrogram

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) menjadi tanaman pangan penting karena merupakan komoditas strategis dan sumber makanan pokok sebagian besar orang di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Di Indonesia, tuntutan untuk meningkatkan produktivitas padi seiring dengan pertumbuhan populasi terus meningkat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), produksi padi Indonesia pada 2024 sebesar 53,14 juta ton GKG mengalami penurunan sebanyak 838,27 ribu ton atau 1,55% dibandingkan produksi padi pada tahun 2023 yang sebesar 53,98 juta ton GKG. Produksi beras tahun 2024 untuk konsumsi pangan penduduk mencapai 30,62 juta ton mengalami penurunan sebanyak 480,04 ribu ton atau 1,54% dibandingkan produksi beras di 2023 yang sebesar 31,10 juta ton. Beras merah merupakan salah satu komoditas pangan yang banyak diminati masyarakat karena kandungan nutrisinya yang tinggi. Menurut Putri *et al.* (2023), beras merah memiliki keunggulan dibandingkan beras putih karena kandungan antosianin pada beras merah yang dapat membantu mengurangi berbagai risiko penyakit salah satunya risiko penyakit diabetes, di sisi lain produktivitas padi beras merah di Indonesia relatif rendah dari pada varietas padi lainnya. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk meningkatkan produktivitas padi beras merah untuk memenuhi kebutuhan nasional Indonesia.

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas padi adalah melalui pemuliaan tanaman dengan pemuliaan mutasi induksi (Budi, 2021). Induksi mutasi melalui radiasi sinar gamma merupakan cara efektif untuk menghasilkan populasi dasar dengan keragaman genetik tinggi (Wei *et al.*, 2013). Menurut Sudharmawan *et al.* (2022), teknik pemuliaan mutasi radiasi dapat memperbaiki karakter tanaman secara relatif cepat tanpa mengubah sebagian besar sifat baiknya. Nusa Tenggara Barat memiliki kekayaan plasma nutfah padi yang tinggi, salah satunya padi beras merah galur G16. Menurut Suliartini *et al.* (2022), galur G16 merupakan hasil persilangan antara kultivar cere (*Indica*) yaitu Piong dan Sri, dengan kultivar bulu (*Javanica*) yaitu Soba dan Du'u, yang kemudian menghasilkan F1 cere dan F1 bulu. Persilangan antara kedua F1 tersebut menghasilkan F2 yang diseleksi hingga F6 melalui metode seleksi pedigree, dan diperoleh galur G16. Galur ini memiliki keunggulan berupa warna beras merah, jumlah anakan banyak, dan tekstur nasi pulen, namun jumlah gabah per malainya masih sedikit. Karakter hasil galur G16 tersebut diperbaiki dengan cara diradiasi dan diseleksi hingga generasi selanjutnya. Berdasarkan Degwi (2013) dalam Tumanggor *et al.* (2022), dosis iradiasi efektif dalam mengubah karakter kuantitatif tanaman padi berkisar antara 200–300 Gy, hal ini menunjukkan bahwa dosis tersebut mampu menghasilkan keragaman genetik berguna bagi program pemuliaan padi berproduktivitas tinggi.

Hasil mutasi menghasilkan galur dengan sifat kuantitatif yang beragam sehingga diperlukan analisis untuk mengelompokkan galur berdasarkan kemiripan karakter guna mendukung seleksi dan pemuliaan lanjutan. Salah satu metode yang digunakan adalah analisis kluster (*clustering*). Analisis ini mengelompokkan galur dengan karakter yang sama dalam satu kluster dan memisahkan galur yang berbeda (Suprpto, 2022). Analisis kluster terbukti efisien dalam mengidentifikasi galur unggul pada populasi mutan (Prasad *et al.*, 2022). Meskipun berbagai penelitian mutasi padi beras merah telah dilakukan pada generasi awal (M2–M4), kajian seleksi lanjutan pada generasi M5 menggunakan pendekatan multivariat, khususnya analisis *hierarchical clustering*, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan seleksi awal galur mutan M5 padi beras merah hasil iradiasi gamma 200 Gy dan 300 Gy melalui pengelompokan multivariat sifat agronomi menggunakan analisis *Hierarchical Clustering*, serta mengidentifikasi kluster yang mengandung kandidat galur unggul sebagai dasar pengembangan lebih lanjut.

BAHAN DAN METODE

Waktu, Kondisi, dan Tempat Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan di lapangan yang dilaksanakan mulai dari bulan Maret sampai Agustus 2024 bertempat di lahan sawah Dusun Belet, Desa Bagik Payung, Kecamatan Suralaga, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini meliputi ajir bambu, alat semprot, gunting, jaring, kain kasa, kertas label, meteran, pisau, plastik klip, tali nylon, terpal, dan timbangan analitik. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah atonik 6.0L, cruiser 350EC, pupuk urea, pupuk organik cair, pupuk NPK, pestisida (Dharmabas 500 EC, Sigent 60 WG, dan Sandor 30 WP) dan benih mutan padi G16 dosis 200 Gy dan 300 Gy, benih padi tanaman kontrol (Gamagora 7).

Mutan padi beras merah 200 Gy		Mutan padi beras merah 300 Gy	
G1 = G15 (4-20-20)	G6 = G13 (11-16-11)	G11 = G27 (1-20-6)	G16 = G20 (8-3-5)
G2 = G15 (4-20-13)	G7 = G13 (12-2-8)	G12 = G27 (1-20-19)	G17 = G20 (9-9-3)
G3 = G63 (11-8-6)	G8 = G15 (2-15-11)	G13 = G27 (16-9-4)	G18 = G28 (12-20-6)
G4 = G13 (5-14-7)	G9 = G63 (5-14-10)	G14 = G27 (17-10-12)	G19 = G52 (15-7-9)
G5 = G63 (17-7-3)	G10 = G12 (7-10-6)	G15 = G20 (7-8-15)	G20 = G52 (3-9-12)
G21 = Gamagora 7 (kontrol)			

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan terdiri atas 10 genotipe hasil iradiasi 200 Gy dan 10 genotipe hasil iradiasi 300 Gy, sehingga terdapat 20 petak percobaan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga total terdapat 60 unit percobaan. Tanaman kontrol, yaitu varietas Gamagora 7, ditanam pada plot terakhir setiap blok. Penempatan kontrol secara tetap dilakukan untuk memudahkan perbandingan visual terhadap galur mutan hasil iradiasi.

Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan tanaman padi meliputi pengairan, pemupukan, penyiangan, penyulaman, pengendalian hama dan penyakit, serta pemanenan. Pengairan dilakukan sejak sebelum tanam hingga 15 hari sebelum panen. Pemupukan dilakukan tiga kali, yaitu 2 MST (NPK Phonska 100 kg/ha), 5 MST (urea 100 kg/ha dan NPK Phonska 100 kg/ha), serta 8 MST (urea 100 kg/ha). Penyiangan dilakukan secara manual pada 1 MST dan berkala, sedangkan penyulaman dilakukan pada 7–14 HST. Pengendalian hama dilakukan secara mekanik menggunakan jaring dan kimiawi menggunakan Dharmabas 500 EC, Sigent 60 WG, dan Sandor 30 WP sesuai jadwal aplikasi. Pemanenan dilakukan saat $\pm 90\%$ bulir padi matang dengan memotong batang menggunakan sabit. Pengamatan dilakukan pada 5 tanaman per genotipe dengan parameter meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan total dan produktif, sudut daun bendera, umur berbunga, umur panen, panjang malai, jumlah gabah total dan bernas per malai, bobot gabah kering panen per rumpun, serta bobot 100 butir. Perhitungan konversi gabah per hektar dilakukan dengan rumus berikut (Jannah *et al.*, 2023):

$$\text{Konversi gabah perhektar (ton/ha)} = \frac{\text{Bobot gabah perplot (kg)}}{\text{Luas plot (m}^2\text{)}} \times 10.000 \text{ m}^2$$

Bobot gabah perplot merupakan gabah yang telah dikeringkan terlebih dahulu dengan kadar air 14% yang selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), kemudian dilakukan uji lanjut pada karakter signifikan menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5% dengan rumus (Mbulu *et al.*, 2019):

$$\text{BNT} = (t_{\alpha, \text{dbg}}) \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}}$$

Keterangan :

BNT = Beda Nyata Terkecil
 α = Taraf nyata
 dbg = db galat
 KTG = Kuadrat Tengah Galat
 r = ulangan

Analisis Cluster

Analisis *cluster* dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS, metode *agglomeration hierarchical clustering* dengan *Ward method*. Sebelum dilakukan analisis *cluster*, data kuantitatif distandarisasi untuk menghindari bias akibat perbedaan satuan pengukuran. Kemudian dilakukan perhitungan % similaritas (kemiripan), dengan rumus:

$$\% \text{ similaritas} = (1 - \text{jarak genetik}) \times 100\%$$

Selanjutnya dilakukan uji validitas dengan koefisien korelasi *cophenetic* menggunakan Python. Uji validitas ini perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa baik dendrogram yang dihasilkan dapat merepresentasikan jarak asli antar genotipe yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Data

Tabel 1. Analisis Ragam Variabel Pengamatan

No	Variabel Pengamatan	Notasi
1	Tinggi Tanaman (cm)	S
2	Jumlah Anakan Total (Anakan)	NS
3	Jumlah Anakan Produktif (Anakan)	NS
4	Panjang Malai (cm)	NS
5	Sudut Daun Bendera (°)	NS
6	Umur Berbunga (HST)	S
7	Umur Panen (HST)	S
8	Jumlah Gabah Per Malai (Butir)	S
9	Jumlah Gabah Bernas Per Malai (Butir)	S
10	Bobot Gabah Kering Simpan Per Rumpun (g)	NS
11	Bobot 100 Butir (g)	NS
12	Hasil Konversi Gabah Per Hektar (ton/ha)	NS

Keterangan : S: Berbeda nyata (signifikan); NS: tidak berbeda nyata (non signifikan pada taraf nyata 5%).

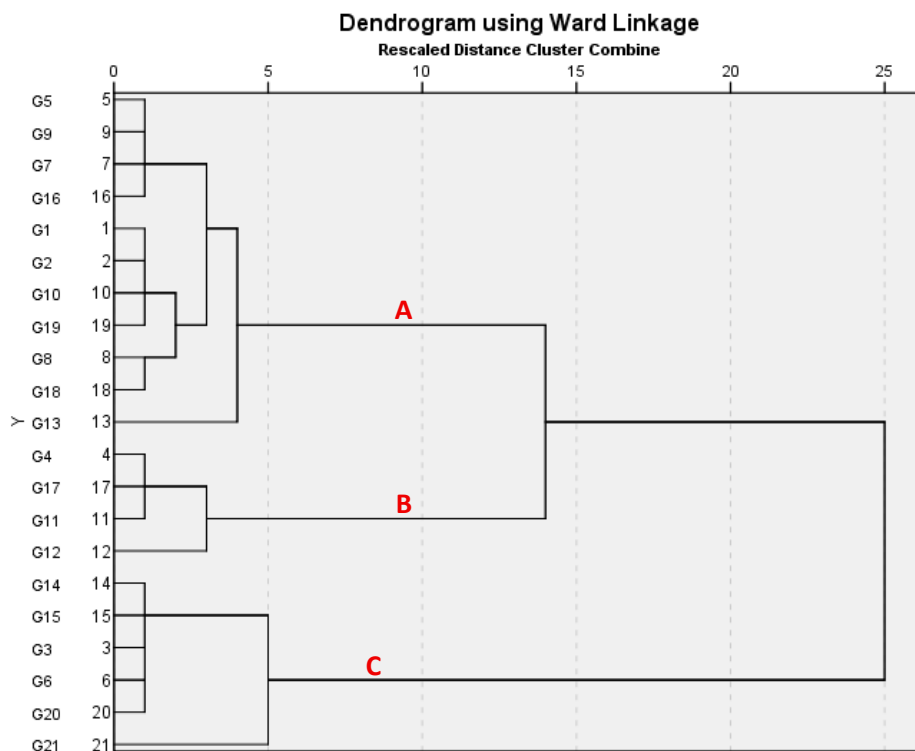
Hasil analisis ragam yang telah dilakukan menunjukkan dari sebelas karakter kuantitatif tanaman yang diamati terdapat beberapa karakter yang berbeda nyata seperti tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, jumlah gabah per malai dan jumlah gabah bernas per malai. Karakter pengamatan lainnya seperti jumlah anakan total, anakan produktif, panjang malai, sudut daun bendera, bobot gabah kering panen per rumpun dan bobot 100 butir diperoleh tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Tabel 1). Beda nyata (signifikan) yang diperoleh dari analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat keragaman karakter antara genotipe yang diuji. Karakter-karakter yang tidak berbeda nyata (non signifikan) menunjukkan antara genotipe yang diuji memiliki karakter yang seragam atau homogen.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Genotipe	Variabel				
	TT	UB	UP	JGP	JGBP
G1	111.27 bc	78.53 bcd	107 b	146.47 abcd	136.63 abcd
G2	113.93 bcd	78.53 bcd	107 b	147.40 abcd	132.57 abcd
G3	115.47 bcd	72.67 abc	107 b	124.43 a	116.13 ab
G4	127.03 cdef	80.60 cd	107 b	166.47 de	148.03 de
G5	117.87 bcde	75.20 bcd	107 b	139.43 abcd	129.10 abcd
G6	115.07 bcd	69.87 ab	107 b	128.90 ab	117.97 ab
G7	124.30 cde	77.40 bcd	107 b	144.80 abcd	128.10 abcd
G8	113.20 bc	63.50 a	107 b	144.73 abcd	133.13 abcd
G9	120.90 bcde	78.20 bcd	107 b	139.27 abcd	130.10 abcd
G10	121.33 bcde	78.67 bcd	107 b	147.83 abcd	135.63 abcd
G11	124.63 cde	72.20 abc	107 b	162.53 cde	143.57 cde
G12	130.33 ef	71.53 abc	107 b	179.17 e	161.63 e
G13	138.43 f	78.17 bcd	107 b	151.87 abcde	130.57 abcd
G14	111.07 abc	80.60 cd	107 b	120.90 a	113.60 a
G15	108.23 ab	79.80 bcd	107 b	127.50 ab	115.17 a
G16	121.97 cde	71.67 abc	107 b	132.97 abc	126.43 abcd
G17	118.83 bcde	80.13 cd	107 b	164.90 de	150.70 de
G18	112.70 bc	74.27 bcd	107 b	156.07 bcde	140.40 bcde
G19	120.87 bcde	83.00 d	107 b	156.80 bcde	135.00 abcd
G20	113.53 bcd	76.13 bcd	107 b	132.43 abc	121.90 abc
G21	97.57 a	63.60 a	105.67 a	128.57 ab	121.53 abc

Keterangan: TT= Tinggi tanaman, UB= Umur berbunga, UP= Umur panen, JGP= Jumlah gabah per malai, JGBP= Jumlah gabah bernas per malai. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%.

Hasil uji lanjut beda nyata terkecil (BNT 5%) yang dilakukan pada lima variabel yang berbeda nyata (signifikan) dari hasil analisis ragam (Anova) dapat dilihat pada tabel 2.

Analisis Cluster dengan Hierarchical Clustering

Gambar 1. Dendrogram genotipe M5 padi beras merah induksi mutasi 200 Gy (G1-G10), induksi mutasi 300 Gy (G11-G20) dan kontrol (Gamagora 7).

Analisis *cluster* dilakukan menggunakan metode *agglomerative hierarchical clustering* dengan teknik *Ward linkage* dan ukuran jarak Euclidean. Berdasarkan hasil pemotongan dendrogram dengan menarik garis lurus vertikal pada skala jarak 10, terbentuk tiga kluster yaitu kluster A, B, dan C (Gambar 1) yang mencakup 21 genotipe M5 padi beras merah hasil induksi mutasi 200 Gy (G1–G10), induksi mutasi 300 Gy (G11–G20), serta varietas kontrol Gamagora 7.

Tabel 3. Similaritas (persentase kemiripan) 20 pasangan genotipe padi beras merah berdasarkan jarak Euclidean

No	Kombinasi Cluster		Jarak genetik (Euclidean)	%Kemiripan
	Genotipe 1	Genotipe 2		
1	5	9	0,002	99,8%
2	3	6	0,004	99,6%
3	14	15	0,007	99,3%
4	1	2	0,011	98,9%
5	5	7	0,015	98,5%
6	4	17	0,020	98%
7	1	10	0,027	97,3%
8	5	16	0,036	96,4%
9	4	11	0,045	95,5%
10	3	20	0,056	94,4%
11	1	19	0,068	93,2%
12	8	18	0,083	91,7%
13	3	14	0,098	90,2%
14	1	8	0,123	87,7%
15	4	12	0,163	83,7%
16	1	5	0,206	79,4%
17	1	13	0,273	72,7%
18	3	21	0,345	65,5%
19	1	4	0,571	42,9%
20	1	3	1	0%

Keterangan: Persentase kemiripan 20 pasangan genotipe padi beras merah induksi mutasi 200 Gy, 300 Gy dan tanaman kontrol (Gamagora 7) berdasarkan karakter morfologi.

Analisis persentase kemiripan antar genotipe M5 padi beras merah hasil induksi mutasi 200 Gy dan 300 Gy serta varietas kontrol (Gamagora 7) dilakukan menggunakan jarak Euclidean berdasarkan karakter kuantitatif morfologi tanaman. Perhitungan jarak Euclidean dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS. Seluruh pasangan genotipe dianalisis dalam bentuk matriks kemiripan. Namun, untuk keperluan penyajian data, pasangan genotipe yang ditampilkan dipilih berdasarkan kriteria urutan tingkat kemiripan genetik yang diperoleh dari nilai jarak Euclidean dan disusun dari nilai kemiripan tertinggi hingga terendah (Tabel 3) guna mempermudah interpretasi tingkat kemiripan genetik antar genotipe.

Uji Validitas Dendrogram menggunakan Python

Name	Type	Size	Value
coph_corr	float64	1	0.7040522934025463
distance_matrix	Array of float64	(210,)	[0.46904158 1.05356538 0.75498344 ... 1.02469508 2.0880613 1.84119526 ...]
linkage_matrix	Array of float64	(20, 4)	[[4. 19. 0.3 2. ... [13. 14.]
data	DataFrame	(21, 12)	Column names: Genotipe, TT, JAT, JAP, PM, SD, UB, UP, JGP, JGBP, BGKSP ...
data_values	DataFrame	(21, 11)	Column names: TT, JAT, JAP, PM, SD, UB, UP, JGP, JGBP, BGKSP, B100B
dendrogram	dict	6	{'icoord':[[...], [...], [...], [...], [...], ...], 'dcoord':[[...], [...]

Gambar 2. Hasil uji *Cophenetic correlation coefficient* menggunakan Python

Hasil analisis uji validitas dengan uji koefisien korelasi *cophenetic* (*Cophenetic correlation coefficient* /CCC) diperoleh dengan analisis menggunakan python. Dari hasil uji validitas dengan analisis CCC diperoleh hasil 0,70 (Gambar 2). Nilai CCC sebesar 0,70 menunjukkan bahwa dendrogram yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian yang moderat atau cukup dalam merepresentasikan jarak asli antar genotipe, sehingga masih layak digunakan untuk interpretasi pola pengelompokan.

Tabel 4. konversi gabah perhektar (ton/ha)

genotipe	Hasil perplot (kg)	Konversi hasil perhektar (ton/ha)
G1	1.87	7.47
G2	2.05	8.20
G3	1.94	7.74
G4	1.99	7.97
G5	1.97	7.90
G6	2.04	8.15
G7	2.17	8.70
G8	2.06	8.26
G9	2.14	8.55
G10	2.15	8.62
G11	2.22	8.89
G12	2.36	9.45
G13	1.59	6.35
G14	1.77	7.06
G15	1.79	7.16
G16	2.19	8.75
G17	1.93	7.71
G18	2.14	8.55
G19	1.91	7.63
G20	1.95	7.79
G21	2.44	9.77

Keterangan: Hasil konversi gabah perhektar (ton/ha)

Hasil konversi gabah per herktar menunjukkan hasil tertinggi diperoleh pada G21 (Gamagora7) yakni 9.77 ton/ha dan diikuti oleh genotipe G12 sebesar 9.45 ton/ha, sehingga G12 menjadi genotipe paling unggul diantara genotipe mutan yang lain.

Pembahasan

Hasil analisis ragam menunjukkan lima karakter kuantitatif tanaman yang berbeda nyata, yaitu tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, jumlah gabah per malai, dan jumlah gabah bernas per malai. Hal ini mengindikasikan adanya keragaman yang berbeda nyata pada perlakuan iradiasi 200 Gy & 300 Gy serta kontrol (Gamagora 7). Sementara itu, karakter lainnya seperti jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, panjang malai, sudut daun bendera, bobot gabah kering simpan per rumpun dan bobot 100 butir yang tidak berbeda nyata menunjukkan keseragaman agronomi antar genotipe yang diuji. Keragaman karakter agronomi yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa mutasi sinar gamma masih memberikan variasi fenotipik yang dapat dimanfaatkan pada generasi lanjut. Hasil ini konsisten secara konseptual dengan penelitian mutasi padi pada generasi M4 yang melaporkan bahwa seleksi pada generasi lanjut dilakukan berdasarkan karakter agronomi dan komponen hasil yang telah relatif stabil. Melinda (2020) melaporkan bahwa galur mutan padi beras merah generasi M4 menunjukkan perbedaan nyata pada beberapa karakter agronomi, sementara karakter lain cenderung seragam, yang mengindikasikan terjadinya penyempitan variasi dibanding generasi awal.

Uji BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa karakter genotipe berbeda nyata pada karakter tinggi tanaman, Gamagora 7 memiliki tinggi paling pendek di antara genotipe-genotipe tanaman mutan yang lain, tetapi tidak berbeda nyata dengan G14 dan G15 (Tabel 4.2). Menurut Pheng *et al.* (1998) dalam Suliartini *et al.* (2022), tinggi tanaman padi yang ideal berkisar antara 90-100 cm. Pada penelitian yang telah dilakukan ini tinggi tanaman padi mutan yang dihasilkan di atas 100 cm, sehingga tinggi tanaman yang diharapkan belum tercapai. Pada karakter umur berbunga diperoleh bahwa, Gamagora 7 dan G8 merupakan genotipe dengan umur berbunga paling genjah di antara genotipe yang lain yakni 63,60 HST dan 63,50 HST, namun tidak berbeda nyata dengan G3, G6, G11, G12, dan G16. Menurut Marlina *et al.* (2017), pertumbuhan tanaman padi yang optimal bisa ditandai dengan umur berbunga yang lebih cepat. Umur berbunga ditentukan oleh lamanya fase pertumbuhan vegetatif, sehingga semakin lama fase pertumbuhan vegetatif, maka umur berbunga akan semakin lama (Makarim & Suhartatik, 2009; Albahari *et al.*, 2023). Pada karakter umur panen, tanaman kontrol (Gamagora 7) menunjukkan umur panen paling cepat dibandingkan dengan genotipe-genotipe mutan yang diuji.

Pada karakter jumlah gabah per malai menunjukkan genotipe G12 memiliki jumlah gabah per malai paling tinggi diantara genotipe yang lain termasuk tanaman kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan G13, G17, G18 dan G19. Jumlah gabah per malai tanaman padi sangat dipengaruhi oleh perlakuan sistem tanam yang dilakukan, selain itu juga dipengaruhi oleh faktor genetik pada genotipe yang diuji serta kondisi lingkungan tumbuhnya. Kemudian, pada karakter jumlah gabah bernas per malai, hasil paling tinggi ditunjukkan oleh G12, namun tidak berbeda nyata dengan G4, G11, G17 dan G18. Jumlah gabah bernas per malai merupakan karakter yang akan menentukan potensi hasil padi. Semakin tinggi jumlah gabah bernas per malai, maka persentase hasil yang diperoleh akan semakin tinggi pula. Jumlah gabah pada tanaman padi dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dari genotipe yang dibudidayakan, hal ini sejalan dengan pernyataan Reda *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa jumlah gabah pada tanaman padi dipengaruhi oleh faktor genetik serta interaksi antara genotipe dan lingkungan tumbuhnya.

Keragaman yang signifikan pada karakter hasil, seperti jumlah gabah per malai dan jumlah gabah bernas per malai, menunjukkan adanya peluang untuk melakukan seleksi galur unggul. Keragaman genetik tersebut merupakan persyaratan penting dalam proses seleksi pada pemuliaan tanaman (Samudin *et al.*, 2022). Parida *et al.* (2022) dan Wang *et al.* (2024) juga menyatakan bahwa jumlah gabah bernas dan jumlah gabah per malai merupakan komponen utama yang berperan dalam menentukan hasil tanaman padi, sehingga karakter tersebut dapat dijadikan kriteria seleksi dalam pemuliaan tanaman. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa G12 memiliki jumlah gabah per malai sebesar 179,17 butir dan jumlah gabah bernas per malai sebesar 161,63 butir, lebih tinggi dari Gamagora 7. Hasil ini menunjukkan bahwa galur G12 memiliki potensi hasil yang baik karena jumlah gabah per malai dan gabah bernas yang tinggi sehingga dapat berkontribusi langsung terhadap peningkatan hasil gabah. Karakter umur berbunga dan umur panen G12 tergolong genjah, hal ini berdasarkan pernyataan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi yang menetapkan kelas umur padi menjadi empat, yaitu ultra genjah (<90 HST), sangat genjah (90-104 HST), genjah (105-124 HST), sedang (125-150 HST), dan dalam (>150 HST) (Ismayanti *et al.*, 2023). Umur genjah ini dinilai menguntungkan karena dapat menghindari cekaman akhir musim dan menekan biaya produksi, meskipun tinggi tanaman G12 masih tinggi (130,33 cm).

Analisis *clustering* dilakukan untuk mengelompokkan galur berdasarkan profil agronomi keseluruhan menggunakan semua karakter kuantitatif. Pendekatan ini memungkinkan kombinasi sifat penting yang tidak signifikan secara individual tetap teridentifikasi, sehingga analisis ragam dan *clustering* saling melengkapi. Analisis ragam dan uji lanjut BNT digunakan untuk mengidentifikasi karakter yang berbeda nyata antar genotipe, sedangkan *clustering* menangkap pola kemiripan multivariat antar galur. Hasil analisis *clusteri* (dendrogram) menunjukkan bahwa genotipe-genotipe yang diuji tergabung dalam tiga klaster utama (Gambar 1). Penentuan jumlah klaster dilakukan dengan menarik garis vertikal pada skala jarak 10, tepat sebelum terjadi penggabungan klaster besar, dan dipilih untuk mempertahankan interpretasi biologis yang relevan terhadap perbedaan karakter agronomi antar genotipe.

Genotipe-genotipe yang tergabung dalam satu *cluster* karena memiliki tingkat kemiripan yang tinggi antar genotipenya. Hal ini didasarkan pada pernyataan Rompas *et al.* (2023) bahwa objek yang bergabung dengan *cluster* yang sama memiliki kesamaan yang tinggi dibandingkan dengan objek antar kelompok. Hasil analisis *cluster* (dendrogram) menunjukkan bahwa G12 tergabung dalam klaster B bersama dengan beberapa genotipe lainnya seperti G4, G11 dan G17. Klaster B dicirikan oleh kombinasi karakter agronomi yang mengarah pada komponen hasil yang relatif tinggi, terutama jumlah gabah per malai dan jumlah gabah bernas per malai. Kombinasi karakter tersebut mengindikasikan bahwa genotipe-genotipe dalam klaster B memiliki potensi sebagai sumber gen hasil tinggi, namun kemiripan karakter pada setiap klaster tidak selalu mengimplikasikan pada kesamaan hasil akhir tiap genotipe, sehingga perlu dilakukan seleksi lebih lanjut.

Hasil perhitungan jarak Euclidean dan persentase kemiripan antar 21 genotipe berdasarkan karakter morfologi (Tabel 3) menunjukkan hasil G5 dan G9 memiliki kemiripan tertinggi dengan jarak genetik 0,002 dan persentase kemiripan 99,8%. Hal ini berarti kedua genotipe tersebut memiliki kesamaan karakter morfologi sangat tinggi yang menunjukkan bahwa kedua genotipe memiliki karakter morfologi yang relatif seragam, sehingga kedua genotipe ini berada dalam satu klaster yang sama. G1 dan G3 memiliki tingkat kemiripan yang rendah dengan jarak genetik 1 dan persentase kemiripan 0%, ini menunjukkan bahwa G1 dan G3 tidak memiliki kemiripan morfologi. Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin kecil jarak genetik maka semakin besar peluang suatu genotipe memiliki kemiripan sifat morfologi.

Uji validitas dengan analisis Koefisien korelasi *cophenetic* (CCC) dianalisis menggunakan python, diperoleh hasil sebesar 0,70 (gambar 2), hal ini menunjukkan bahwa dendrogram yang dihasilkan pada analisis *cluster* tersebut memiliki tingkat kesesuaian yang moderat atau cukup dalam merepresentasikan jarak asli antar objek yang diamati, sehingga masih layak digunakan untuk interpretasi pola pengelompokan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Munthe (2019), bahwa nilai CCC mendekati 1 menunjukkan bahwa dendrogram yang dihasilkan dapat merepresentasikan jarak asli antar objek dengan baik, sehingga klaster yang terbentuk dapat dijadikan dasar untuk melakukan identifikasi kandidat galur potensial berdasarkan kemiripan multivariat sifat agronomi. Klaster yang terbentuk juga diharapkan dapat menjadi dasar dalam penentuan galur yang layak diseleksi lebih lanjut pada tahap pemuliaan berikutnya menggunakan kriteria seleksi yang lebih spesifik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe G12 merupakan mutan yang paling berpotensi sebagai kandidat galur unggul pada tahap seleksi awal. Genotipe ini memiliki nilai rata-rata jumlah gabah per malai dan jumlah gabah bernas per malai yang relatif tinggi serta tidak berbeda nyata dengan G4, G11, dan G17 berdasarkan analisis ragam dan uji lanjut BNT. Keempat genotipe tersebut tergabung dalam klaster B, yang mencerminkan adanya kemiripan karakter agronomi berdasarkan hasil analisis klaster. Klaster B dicirikan oleh komponen hasil yang relatif lebih baik dibandingkan klaster lainnya. Meskipun G12 berasal dari dosis iradiasi 300 Gy, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis 300 Gy tidak secara konsisten membentuk klaster unggul, karena genotipe lain dari dosis yang sama menunjukkan performa agronomi yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa respons terhadap iradiasi bergantung pada genotipe dan tidak semata-mata ditentukan oleh dosis iradiasi yang digunakan.

Kemiripan karakter agronomi dalam satu klaster tidak selalu mencerminkan tingkat produktivitas akhir yang sama. Hasil konversi gabah menunjukkan bahwa Gamagora 7 (9,77 ton/ha) dan G12 (9,45 ton/ha) tidak berbeda nyata, sedangkan genotipe lain dalam klaster B menunjukkan hasil yang lebih rendah. Tingginya hasil gabah pada G12 berkorelasi dengan jumlah gabah isi dan bobot biji (Aryawati dan Sutami, 2020), sehingga memperkuat potensi G12 sebagai kandidat galur unggul berdaya hasil tinggi. Sementara itu, genotipe G4, G11, dan G17 dapat dipertimbangkan sebagai kandidat pendamping dalam klaster yang sama, namun sesuai dengan Khan *et al.*

(2022), kemiripan klaster belum menjamin kesamaan hasil akhir. Selain itu, penempatan kontrol yang tidak diacak berpotensi menimbulkan bias posisi dan pengaruh lingkungan mikro. Penelitian ini juga dilaksanakan pada satu lokasi dan satu musim tanam, sehingga hasilnya masih bersifat spesifik lokasi. Oleh karena itu, evaluasi lanjutan menggunakan rancangan percobaan dengan randomisasi penuh dan uji stabilitas multi-lokasi diperlukan untuk memastikan konsistensi potensi galur mutan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah Analisis klaster terhadap genotipe padi beras merah hasil iradiasi dosis 200 Gy dan 300 Gy menghasilkan tiga klaster, yaitu klaster A, klaster B, dan klaster C. Klaster B yang terdiri atas genotipe G4, G11, G12, dan G17, memiliki komponen hasil relatif lebih tinggi dibandingkan klaster lainnya. Di antara genotipe tersebut, G12 memiliki performa hasil setara dengan varietas kontrol, sehingga berpotensi menjadi kandidat galur unggul pada tahap seleksi awal. Namun, genotipe ini masih memerlukan pengujian lanjutan, khususnya uji stabilitas dan uji multilokasi, sebelum dapat direkomendasikan sebagai galur unggul yang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Albahari, A., Radian, R., & Abdurrahman, T. (2023). Respon Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Padi pada Lahan Sawah Tadah Hujan di Desa Rasau Jaya. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4), 720–730.
- Aryawati S.A.N., & Sutami P. (2020). Keragaan Varietas Padi Sawah Irigasi Dan Peningkatan Pendapatan Melalui Pendampingan Pengendalian Tanaman Terpadu (PTT) Di Provinsi Bali. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(1), 53–65.
- Badan Pusat Statistik (BPS) (2024). Luas panen padi mencapai sekitar 10,05 juta hektare dengan produksi padi sebanyak 53,14 juta ton (GKG) : [<https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/03/2414/pada-2024>]
- Budi, R.S. (2021). *Eksplorasi & Konservasi Sumberdaya Genetik Padi Lokal Sumut*. CV. Azka Pustaka. Sumatra Barat.
- Ismayanti, R., Asmary, M., & Ristanti, L.I. (2023). Potensi Hasil Galur-Galur Padi Sawah Genjah Tahan Tungro. *Gunung Djati Conference Series*, 18, 1105–1112. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article>.
- Jannah, N., Puji, A., Helda, S., Akas, P.S., Chintya, G., & Heru, D. (2023). Bimtek Pengubinan Tanaman Padi Varietas Pajajaran Di Kelompok Tani Rukun Sentosa Kelurahan Pulau Atas Kecamatan Sambutan. *JAUS: Jurnal Abdimas Untag Samarinda*, 1 (2), 75-82. <http://ejurnal.untag-smd.ac.id>
- Khan, M.M.H., Rafli, M.Y., Shairul, I.R., Mashitah, J & A. Mamun, M. (2022). Hereditary analysis and genotype×environment interaction effects on growth and yield components of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) over multi-environments. *Scientific Reports*, 12, 15658. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19003-z>
- Marlina., Setyono., & Mulyaningsih, Y. (2017). Pengaruh Umur Bibit Dan Jumlah Bibit Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Panen Padi Sawah (*Oryza Sativa*) Varietas Ciherang. *Jurnal Pertanian*, 8(1), 26–35. <https://doi.org/10.30997/jp.v8i1.638>
- Mbulu, M.M.K., Ida, A.R.R.P., & Yulianti, NL. (2019). Pemanfaatan Air Kelapa dan Asam Sitrat Sebagai Larutan Peraga Menggunakan Teknik Holding Untuk Memperpanjang Masa Kesegaran Bunga Potong Krisan (*Chrysanthemum indicum* L.) Type Spray. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 7(1). <https://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>.
- Melinda, B.W.P. (2020). Karakteristik Morfologi dan Keragaman Beberapa Galur M4 Padi Beras Merah G16 Hasil Iradiasi Sinar Gamma 200 Gy. [*Skripsi*]. Fakultas Pertanian. Universitas Mataram. Mataram.
- Munthe, D. A. (2019). Penerapan Clustering Time Series Untuk Menggerombolkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Nilai Produksi Padi. *Jurnal Litbang Sukowati*, 2(2), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.32630/sukowati.v2i2.61>
- Parida, A. K., Sekhar, S., Panda, B. B., Sahu, G., & Shaw, B. P. (2022). Effect of Panicle Morphology on Grain Filling and Rice Yield: Genetic Control and Molecular Regulation. *Frontiers in Genetics*, 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.876198>

- Prasad, B. D., Kumar, P., & Sahni, S. (2023). Cluster analysis of rice (*Oryza sativa* L.) mutant lines using morphological parameters. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(2), 23–26. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i22755>
- Putri, O.D., Sutini., & Hadi, S. (2023). Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Padi Beras Merah (*Oryza nivara*) Melalui Penambahan Pupuk Nanosilika Pada Sistem Rooftop Farming. *Jurnal Agroqua*, 21 (2). <http://repository.upnjatim.ac.id/id/eprint/18287>.
- Reda, A., Edwirman., Ernita, M., Jamilah., & Sunadi (2024). Respon Beberapa Genotipe Tanaman Padi Gogo Lokal Sumatera Barat terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Padi Inceptisol. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 8(1): 9-22. DOI: <https://doi.org/10.33096/agrotek.v8i1.471>.
- Rompas, G., Marline, P., & Deiby, T.S. (2023). Penerapan Analisis Cluster Hierarki Djlamm Pengelompokkan Kecamatan Berdasarkan Produksi Buah-buahan di Kabupaten Minahasa Selatan: Penerapan Analisis Cluster Hierarki Dalam Pengelompokkan Kecamatan Berdasarkan Produksi Buah-buahan di Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 12(2), 41-44. DOI:10.35799/dc.12.2.2023.51621
- Sudharmawan A.A.K., Aryana I.G.P.M., Suliartini N.W.S., Aji, S. (2022). Genetic Diversity of Red Rice (*Oryza sativa* L.) Population M2 Results of G16 Rice Genotype Mutations with 200 gy and 300 gy Gamma Ray Irradiation. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4), 1340-1346.
- 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>
- Suliartini, N.W.S., Sapitri, M., Sudika, I.W., Aryana I.G.P.M., Sudharmawan A.A.K. (2022). Karakterisasi dan Keragaman Genetik Mutan Padi Inpago Unram Generasi Kedua (M2) Akibat Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(2), 124-136. DOI: <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i2.364>
- Suprpto, E. (2022). Pengelompokkan Potensi Padi di Indonesia Menggunakan K-Means Cluster. *Mesia Edukasi Data Ilmiah Dan Analisis*, 5(2), 28-34. DOI: 10.64679/MEDIAN.V5I02.58
- Tumanggor, G.E., Iswahyudi, & Ainul, W. (2022). Pertumbuhan, Produksi dan Karakter Genetik Padi Kultivar Sileso Generasi M-2 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Agrosamudra*, 9(2), 31-40. <https://doi.org/10.33059/jupas.v9i2.6519>.
- Wang, Y., Chen, L., & Li, X. (2024). A novel effective panicle number per plant (EPN) trait and its application in rice yield improvement. *Rice Science*, 31(2), 101–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.03.005>.
- Wei, F.J., Droc, G., Guiderdoni, E., & Hsing, Y.C. (2013). International Consortium of Rice Mutagenesis: resources and beyond. *Review. Rice*, 6(1),39. <http://www.thericejournal.com/content/6/1/39>.