



Research Articles

Keragaan Mutan M3 Padi Beras Merah (G16) Hasil Iradiasi Sinar Gamma 200 Gy

Performance of the Red Rice Mutant M3 (G16) Result of 200 Gy Gamma Ray Irradiation

**A.A.K. Sudharmawan^{1*}, I Gusti Putu Muliarta Aryana¹, A. Farid Hemo¹,
Ni Wayan Sri Suliartini¹, Siti Raihanun²**

¹ Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jln. Majapahit No 56, Mataram, NTB

² Program Studi Magister Pertanian Lahan Kering Pascasarjana Universitas Mataram
Jln. Pendidikan No. 37, Mataram, NTB

*corresponding author email: agungsudharmawan@gmail.com.

Manuscript received: 27-05-2024. Accepted: 26-06-2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaan mutan M3 padi beras merah G16 hasil iradiasi sinar gamma 200 Gy dan korelasi antar sifat-sifat kuantitatifnya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan dengan percobaan di lapangan dan bertempat pada lahan sawah di Dusun Tatar, Desa Nyurlembang, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat yang dilaksanakan pada bulan Mei sampai November 2022. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dalam rancangan bersekat. Perlakuan terdiri atas 33 genotipe hasil mutasi iradiasi sinar gamma dan 3 pembanding sebagai genotipe pengujian berupa G16, Cigelis dan Inpari 32. Masing-masing genotipe pengujian diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 42 unit percobaan. Hasil pengamatan dianalisa menggunakan analisis ragam dan koefisien korelasi fenotipik taraf 5%. Sifat kuantitatif yang menunjukkan hasil signifikan diuji lanjut menggunakan Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi sinar gamma 200 Gy tidak menyebabkan perubahan daya hasil galur mutan M3. Disisi lain, kriteria koefisien korelasi fenotipik sifat-sifat kuantitatif yang diamati menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dengan hasil. Tinggi tanaman dan bobot gabah berisi memberikan korelasi nyata sangat kuat, sedangkan kriteria kuat ditunjukkan oleh malai terpanjang dan jumlah gabah berisi, serta panjang malai dan bobot gabah hampa diperoleh korelasi nyata cukup, serta kriteria sangat lemah didapatkan pada umur berbunga, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, jumlah gabah hampa dan bobot gabah 100 butir.

Kata kunci : G16, iradiasi sinar gamma; korelasi; mutasi; mutan

ABSTRACT

This study aims to determine changes in yield and correlation between quantitative traits of mutant plants of the M3 generation of G16 brown rice irradiated with 200 Gy gamma rays. The research method used was an experimental method which was carried out with field experiments and took place in paddy

fields in Tatar Hamlet, Nyurlembang Village, Narmada District, West Lombok Regency, West Nusa Tenggara which was carried out from May to November 2022. The research was arranged using a Randomized Block Design (RAK) in a partitioned design. The treatment consisted of 33 genotypes resulting from gamma irradiation mutations and 3 comparators as test genotypes namely G16, Cigelis and Inpari 32. Each tester genotype was repeated 3 times, so that 42 experimental units were obtained. Observations were analyzed using analysis of variance and a 5% level of phenotypic correlation coefficient. Quantitative traits that show significant results were tested further using the Honest Significant Difference (BNJ) at the 5% level of significance. The results showed that 200 Gy of gamma irradiation did not change the yield of the M3 mutant strain. On the other hand, the criterion of the phenotypic correlation coefficient of the observed quantitative traits showed a significant difference with the results. Plant height and filled grain weight gave a very strong real correlation, while strong criteria were indicated by the longest panicle and number of filled grains, and panicle length and empty grain weight obtained a sufficiently significant correlation, and very weak criteria were obtained on flowering age, total tiller number, number of productive tillers, number of empty grain and 100 grain weight.

Keywords: G16; gamma ray irradiation; correlation; mutation; mutant

PENDAHULUAN

Tanaman padi (*Oryza sativa*) merupakan salah satu komoditas yang tergolong sebagai tanaman pangan. Padi memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan, khususnya bagi masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat Indonesia mengandalkan padi sebagai bahan makanan pokok. Indonesia diketahui memiliki banyak jenis bahan pangan yang dapat dimanfaatkan sebagai makanan pokok, seperti jagung, kentang, sorgum, ubi dan sebagainya, akan tetapi, padi masih memegang urutan tertinggi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (2022) dilaporkan total produksi padi secara nasional pada tahun 2022 sebesar 55.670.219,00 ton. Produksi tersebut mengalami peningkatan sebanyak 2,31% dibanding tahun 2021. Meskipun begitu, diinformasikan Indonesia masih melakukan impor beras untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Beras merupakan bagian tanaman padi yang dikonsumsi sebagai bahan makanan pokok. Berdasarkan warnanya, beras terbagi menjadi beberapa macam salah satunya ialah beras merah. Menurut Pangerang, (2022) warna merah yang dihasilkan padi beras merah diduga berasal dari aleuron yang mengandung senyawa antosianin. Sugiarto *et al.* (2018) menginformasikan padi beras merah memiliki kandungan gizi lebih tinggi dibanding beras putih namun, budidaya padi beras merah belum berjalan dengan optimal dikarenakan produksi yang masih rendah (Sasvita, 2018). Nusa Tenggara Barat sebagai penyumbang ke-10 (1.317.189,81) produksi beras nasional diketahui memiliki beberapa kultivar lokal beras merah, salah satunya ialah galur G16. Padi beras merah galur G16 diperoleh melalui hasil persilangan ganda F1 antara kultivar Cere (Piong x Sri) dan kultivar Bulu (Piong x Sri). Selanjutnya hasil persilangan diseleksi dengan metode *pedigree* sehingga didapatkan galur G16. Galur G16 diketahui memiliki jumlah gabah per malai yang sedikit sehingga produksi masih rendah (Suliartini *et al.*, 2022).

Menurut Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, (2020) upaya untuk mengatasi produksi beras dapat dilakukan melalui penggunaan varietas unggul. Varietas unggul suatu tanaman dapat diperoleh dengan memanfaatkan program pemuliaan. Salah satu cara yang dapat ditempuh ialah dengan melakukan induksi mutasi genetik. Induksi mutasi genetik umumnya

terbagi menjadi mutagen fisik dan mutagen kimia. Induksi mutasi diketahui bekerja secara acak dalam mengubah susunan materi genetik tanpa menghilangkan sifat baik yang telah ada pada tanaman. Suliartini *et al.* (2022) menginformasikan mutasi genetik fisik dengan pemanfaatan sinar gamma sukses menghasilkan sebagian besar varietas unggul. Disisi lain, iradiasi sinar gamma dilaporkan dapat memicu efek deterministik yaitu kematian sel pada tanaman (Budi *et al.*, 2019). Efek deterministik yang ditunjukkan oleh tanaman sangat bervariasi tergantung pada besarnya dosis iradiasi yang diberikan.

Iradiasi yang dilakukan pada tanaman umumnya mengakibatkan beberapa perubahan pada tanaman. Perubahan morfologi pada sifat-sifat kuantitatif adalah perubahan yang paling mudah diamati. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Degwi (2013) dalam Tumanggor *et al.* (2022) dosis iradiasi yang berhasil mengubah karakter kuantitatif pada tanaman padi berkisar antara 200-300 Gy. Berdasarkan uraian di atas, maka telah dilakukan penelitian yang berjudul radiosensivitas M3 padi beras merah G16 hasil iradiasi sinar gamma 200 Gy

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan dengan percobaan lapangan di Dusun Tatar, Desa Nyurlembang, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat pada bulan Mei sampai November 2022. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih mutan padi G16 dosis 200 Gy sebanyak 33 genotipe, benih padi G16, benih padi Inpari 32, benih padi Cigelis, Atonik 6.0L, Cruiser 350EC, pupuk Ponska, pupuk Urea, Perekat, dan Pestisida (Bureng 20WG, Colon Bug 600EC, Furadan 3GR, Plenum 50WG, Starban 585EC). Menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dalam rancangan bersekat. Menurut Syahril, (2018) pengulangan genotipe uji dalam rancangan bersekat (*augmented design*) ditiadakan karena adanya keterbatasan pada bahan genetik yang dimanfaatkan dan lebih ditekankan untuk membandingkan genotipe uji dengan galur penguji atau kontrol. Perlakuan terdiri atas 33 genotipe hasil mutasi iradiasi sinar gamma 200 Gy dan tiga (3) kontrol sebagai genotipe penguji berupa G16, Cigelis dan Inpari 32. Masing-masing genotipe penguji diulang sebanyak tiga (3) kali, sehingga diperoleh 42 unit percobaan.

Pelaksanaan percobaan terbagi menjadi beberapa tahap yang dimulai dari persiapan benih, persemaian, persiapan lahan, pindah tanam, pemeliharaan dan pemanenan. Persiapan benih dilakukan melalui pemilihan dan perhitungan benih bernas sebanyak 100 butir, kemudian benih direndam selama 12 jam dan direndam kembali masing-masing selama 10 menit dengan larutan Cruiser 1 ml/L dan larutan Athonik 2 ml/L. Persemaian benih dilakukan selama 14 hari, baru setelahnya dilakukan pindah tanam dengan menanam bibit sebanyak 20 tanaman per genotipe, setiap lubang ditanami 1 bibit pada kedalaman 3-4 cm dengan jarak 25x25 cm per baris dan jarak 2x25 cm per plot. Pemeliharaan tanaman meliputi beberapa tahap yaitu pengairan, pemupukan, penyulaman, penyiangan dan pengendalian hama penyakit.

Variabel pengamatan pada penelitian terdiri atas umur berbunga (hss), tinggi tanaman (cm), jumlah anakan total (anakan), jumlah anakan produktif (anakan), malai terpanjang (cm), panjang malai (cm), jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, bobot 100 butir gabah (gram), bobot gabah berisi per rumpun (gram), bobot gabah hampa per rumpun (gram), dan bobot gabah berisi per rumpun (gram). Tanaman sampel ditetapkan sebanyak 10 tanaman dengan cara sistematis random sampling. Tanaman penentu dilakukan secara acak, kemudian tanaman berikutnya dengan melewati satu tanaman

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisa menggunakan Analisis Of Variance (Anova) dengan model Rancangan Acak Kelompok (RAK) dalam rancangan bersekat (Augmented Design) pada taraf kepercayaan 95% yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Bersekat dalam RAK

Sumber ragam	db	JK	KT	Fhitung	Ftabel
Blok	(r-1)	JKb	KTb	KTb/ KTe	$\alpha(db_b, db_e)$
Entries	((g+c)-1)	JKp	KTp	KTp/ KTe	$\alpha(db_p, db_e)$
Checks (c)	(c-1)	JKc	KTc	KTc/ KTe	$\alpha(db_c, db_e)$
Genotipe (g)	(g-1)	JKg	KTg	KTg/ KTe	$\alpha(db_g, db_e)$
c vs g	1	JKcg	KTcg	KTcg/ KTe	$\alpha(db_{cg}, db_e)$
Galat	((g+rc)-1)- ((g+c)-1)- (r-1))	JKe	KTe		
Total	((g+rc)-1)	JKt			

Keterangan: db = derajat bebas, JK = Jumlah kuadrat, KT = Kuadrat tengah, r = Ulangan, p = Perlakuan, e = galat.

Data analisis ragam yang signifikan diuji lanjut menggunakan BNT (beda nyata terkecil) dengan taraf nyata yaitu 5%. Nilai BNT dapat dihitung dengan rumus (Susilawati, 2015) sebagai berikut:

$$BNT (\alpha) = t_{\frac{\alpha}{2}; db_g} \times \sqrt{\frac{2KTcg}{r}}$$

Keterangan:

- dbg = Derajat bebas galat
- α = Taraf nyata
- r = Ulangan
- KTgc = Kuadrat tengah galat

Keeratan hubungan antar sifat kuantitatif dengan hasil dianalisa menggunakan koefisien korelasi fenotipik dengan menggunakan persamaan (Ujianto *et al.*, 2021) sebagai berikut:

$$r_{X_1X_2} = \frac{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1)(X_{2i} - \bar{X}_2)}{\sqrt{\sum(X_{1i} - \bar{X}_1) \cdot \sum(X_{2i} - \bar{X}_2)}}$$

Keterangan:

- r = Koefisien korelasi

Menurut Sarwono, (2006) dalam (Tanjung & Mulyani, 2021) nilai koefisien korelasi dapat diklasifikasi tidak terdapat korelasi (0), korelasi sangat lemah (0-0,25), korelasi cukup (0,25-0,5), korelasi cukup (0,5-0,75), korelasi sangat kuat (0,75-0,99) dan korelasi sempurna (1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkuman hasil analisis sidik ragam semua sifat kuantitatif yang diamati pada taraf nyata 5% tersaji dalam Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis Sidik Ragam Sifat Kuantitatif yang Diamati

No.	Sifat Kuantitatif	C vs G	Check	Genotipe
1	Umur Berbunga	s	ns	ns
2	Tinggi Tanaman	ns	ns	ns
3	Jumlah Anakan Total	s	ns	s
4	Jumlah Anakan Produktif	s	ns	s
5	Panjang Malai	ns	ns	s
6	Malai Terpanjang Per Rumpun	ns	ns	ns
7	Jumlah Gabah Hampa Per Malai	ns	ns	ns
8	Jumlah Gabah Berisi Per Malai	s	ns	ns
9	Bobot Gabah 100 Butir	ns	ns	ns
10	Bobot Gabah Berisi Per Rumpun	s	ns	ns
11	Bobot Gabah Hampa Per Rumpun	ns	ns	ns
12	Bobot Gabah Total Per Rumpun	s	ns	ns

Keterangan: ns = non signifikan (tidak berbeda nyata), s = signifikan (berbeda nyata) pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 2. tampak sifat kuantitatif yang diamati untuk sumber keragaman interaksi C vs G menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada umur berbunga, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, jumlah gabah berisi, bobot gabah berisi dan bobot gabah total. Demikian pula, untuk sumber keragaman Genotipe memperlihatkan jumlah anakan total, jumlah anakan produktif dan panjang malai berbeda nyata. Berbanding terbalik dengan yang diperoleh untuk sumber keragaman Check yang menunjukkan seluruh sifat-sifat kuantitatif yang diamati tidak berbeda nyata dengan uji F taraf nyata 5%.

Tabel 3. Data Rata-rata Variabel Pertumbuhan dan Umur Pembungaan

No.	Perlakuan	Pertumbuhan					UB (hst)	
		TT (cm)	JAT (batang)		JAP (batang)			
1	G63 (17)	101,22	35,50	bcdefghi	15,50	abc	96,00	b
2	G63 (16)	106,83	25,86	abcdef	12,43	a	96,00	b
3	G63 (15)	109,01	35,90	cdefghi	20,60	abcdefg	96,00	b
4	G63 (19)	109,89	35,33	bcdefghi	21,11	abcdefgh	96,00	b
5	G63 (11)	101,47	27,70	abcdefg	20,70	ab	96,00	b
6	G63 (5)	109,71	23,90	abcd	13,60	a	96,00	b
7	G63 (3)	100,30	22,20	ab	13,90	a	96,00	b
8	G63 (2)	100,76	25,56	abcde	16,78	abcd	96,00	b
9	G63 (9)	107,04	39,30	ghij	24,10	bcdefghi	96,00	b
10	G63 (6)	107,34	26,67	abcdefg	17,67	abcde	96,00	b
11	G13 (5)	107,41	25,60	abcde	14,70	ab	96,00	b
12	G13 (10)	105,76	29,20	abcdefg	13,50	a	96,00	b
13	G13 (1)	106,14	25,80	abcdef	17,60	abcde	96,00	b
14	G13 (11)	108,37	31,40	bcdefgh	14,80	ab	96,00	b
15	G13 (17)	99,00	24,90	abcde	17,60	abcde	96,00	b
16	G13 (8)	95,72	45,62	hij	40,50	o	96,00	b
17	G13 (18)	99,34	30,00	abcdefgh	21,30	abcdefgh	96,00	b

No.	Perlakuan	Pertumbuhan					UB (hst)	
		TT (cm)	JAT (batang)		JAP (batang)			
18	G13 (12)	100,56	39,00	efghij	27,00	efghijkl	96,00	b
19	G13 (15)	95,78	39,30	ghij	36,40	lmno	96,00	b
20	G13 (2)	104,08	36,36	defghi	31,34	ijklmno	96,00	b
21	G15 (4)	100,31	22,20	ab	15,90	abc	96,00	b
22	G15 (1)	98,72	30,89	bcdefgh	26,33	cdefghij	96,00	b
23	G15 (7)	98,86	39,12	fghij	36,34	klmno	96,00	b
24	G12 (1)	96,00	29,62	abcdefgh	24,62	cdefghi	86,00	b
25	G12 (7)	98,68	35,20	bcdefghi	27,70	fghijklm	86,00	b
26	G12 (17)	98,17	35,50	efghij	26,10	cdefghi	86,00	b
27	G24 (11)	108,43	42,80	hij	37,80	no	86,00	b
28	G24 (17)	105,83	34,71	bcdefghi	26,57	defghijk	86,00	b
29	G24 (8)	105,24	45,56	hij	36,11	jklmno	86,00	b
30	G24 (6)	99,20	49,80	j	36,20	ijklmno	86,00	b
31	G24 (10)	107,33	46,70	hij	36,90	mno	86,00	b
32	G24 (4)	109,54	38,00	efghij	28,00	ghijklmn	86,00	b
33	G24 (9)	102,23	40,00	ghij	30,67	hijklmn	86,00	b
34	INPARI 32	84,88	22,80	abc	20,53	abcdefg	67,67	a
35	CIGELIS	93,45	17,13	a	15,60	abc	72,00	a
36	G16	123,40	24,30	abcd	18,17	abcdef	94,00	b
37	BNJ 5%	-	13,38		9,81		13,74	

Keterangan: TT = Tinggi tanaman, JAT = Jumlah anakan total, JAP = Jumlah anakan produktif, UB = Umur berbunga, Huruf yang sama pada kolom yang sama menandakan tidak adanya perbedaan yang nyata pada perlakuan menurut uji BNJ taraf 5%.

Rerata hasil pengamatan variabel pertumbuhan dan umur pembungaan tersaji pada Tabel 3. Tabel 3. memperlihatkan sebagian genotipe mutan memiliki jumlah anakan total lebih banyak dibanding tetua G16 dan Inpari 32 yang terdiri atas G63 (9), G13 [(8), (12), (15), (2)], G15(7), G12 (17), G24 [(11), (8), (6), (10), (4), (9)]. Genotipe mutan yaitu G63 [(17), (15), (19)], G13 (11), G15 (1), G12 (7), G24 (17) serta genotipe G63 (9), G13 [(8), (12), (15), (2)], G15(7), G12 (17), G24 [(11), (8), (6), (10), (4), (9)] ditemukan memiliki anakan total lebih banyak dibanding Cigelis. Diantara seluruh genotipe mutan, G24 (6) mempunyai jumlah anakan tertinggi, namun tidak berbeda nyata dengan genotipe G63 (9), G13 [(8), (12), (15)], G15(7), G12 (17), G24 [(11), (8), (10), (4), (9)].

Hasil pengamatan jumlah anakan produktif menunjukkan genotipe mutan G13 [(8), (12), (15), (2)], G15 (7), G12 (7), G24 [(11), (17), (8), (6), (10), (4), (9)] membentuk anakan lebih banyak dibanding tetua G16 dan Cigelis. Tanaman pembanding Inpari 32 ditemukan memiliki anakan produktif lebih sedikit dibanding genotipe mutan G13 [(8), (15), (2)], G15 (7), G24 [(11), (8), (6), (10), (9)]. Anakan produktif tertinggi didapatkan pada genotipe mutan G13 (8), akan tetapi jumlah anakan tersebut tidak berbeda nyata dengan genotipe G13 [(15), (2)], G15 (7), G24 [(11), (8), (6), (10)].

Umur pembungaan dalam penelitian ini, diperoleh seluruh genotipe mutan mempunyai umur berbunga lebih lambat dibandingkan Inpari 32 dan Cigelis. Tanaman pembanding Inpari 32 ditemukan membentuk bunga paling awal, kemudian disusul Cigelis sehingga kedua

tanaman pembanding tidak memberikan perbedaan yang nyata. Disisi lain, umur pembungaan tetua G16 dan seluruh genotipe mutan tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata.

Berdasarkan hasil pengamatan yang tersaji pada Tabel 4., diperoleh genotipe mutan dengan panjang malai yang beragam. Panjang malai terpanjang ditemukan pada genotipe G63 (2), tetapi tidak berbeda nyata dengan genotipe G63 [(17), (15), (19), (11), (5), (3), (6)], G13 [(10), (1), (8), (15)], G15 [(1), (7)], G24 (10). Disatu sisi, genotipe G24 (9) memiliki panjang malai terpendek dan tidak berbeda nyata dengan genotipe G63 (9), G13 [(17), (18), (2)], G15 (4), G12 [(1), (7), (17)], G24 [(17), (8)].

Tabel 4. menampilkan seluruh genotipe mutan memiliki jumlah gabah berisi tidak berbeda nyata dibanding tetua G16. Jumlah gabah berisi tertinggi dimiliki Inpari 32, namun gabah berisi tersebut tidak berbeda nyata dengan genotipe mutan G63 [(5), (3), (6)], G13 [(5), (10), (1)]. Genotipe mutan yang serupa dengan Inpari 32 dan genotipe G63 [(17), (16), (15), (19), (5), (3), (2), (9), (6)] G13 [(5), (10), (1), (11), (17)], G24 [(11), (7), (8), (10)] ditemukan tidak menghasilkan jumlah gabah berisi yang berbeda nyata dengan Cigelis.

Bobot gabah berisi seluruh genotipe mutan ditemukan tidak berbeda nyata dengan Cigelis. Hasil serupa diperoleh pada tetua G16 kecuali genotipe G12 (1) yang memiliki bobot gabah berisi lebih rendah dibanding tetua. Tanaman pembanding Inpari 32 diketahui mempunyai bobot gabah berisi tertinggi diantara seluruh perlakuan, akan tetapi hasil tersebut tidak berbeda nyata dengan genotipe mutan G63 [(3), (2)], G13 [(11), (17), (8), (18), (12), (15), (2)], G15 [(4), (1), (7)], G12 [(1), (7), (17)], G24 [(11), (17), (9)].

Hasil pengamatan memperlihatkan seluruh genotipe mutan memiliki bobot gabah total tidak berbeda nyata dengan Cigelis dan tetua G16. Bobot gabah total tertinggi dimiliki tanaman pembanding Inpari 32. Genotipe mutan G63 (3), G13 [(17), (8), (18), (12), (2)], G15 [(4), (1), (7)], G12 [(1), (7), (17)], dan G24 (9) menghasilkan gabah total lebih rendah dibanding Inpari 32, sementara sisanya tidak menunjukkan perbedaan nyata baik pada genotipe mutan maupun tanaman pembanding.

Tabel 4. Data Rata-rata Variabel Komponen Hasil dan Hasil

No	Perlakuan	Komponen Hasil					
		PM (cm)	MT (cm)	JGH (butir)	JGB (butir)		
1	G63 (17)	22,99	abcdef	25,54	10,50	91,07	abc
2	G63 (16)	22,88	bcdef	26,66	10,05	90,14	abc
3	G63 (15)	24,13	abc	27,85	16,53	92,40	abc
4	G63 (19)	24,24	ab	27,01	11,33	99,67	abc
5	G63 (11)	23,96	abc	26,92	9,67	83,73	ab
6	G63 (5)	23,92	abc	26,61	17,30	116,27	bcd
7	G63 (3)	23,86	abc	26,33	12,20	112,03	abcd
8	G63 (2)	24,89	a	27,60	14,59	95,67	abc
9	G63 (9)	22,34	bcdefgh	25,15	8,20	88,87	abc
10	G63 (6)	23,83	abc	26,96	14,48	107,26	abcd
11	G13 (5)	22,88	bcdef	26,27	18,40	104,93	abcd
12	G13 (10)	24,06	abc	26,31	13,53	107,10	abcd
13	G13 (1)	23,75	abcd	26,15	11,53	114,67	abcd
14	G13 (11)	22,80	bcdef	25,51	31,00	88,70	abc

No	Perlakuan	Komponen Hasil					
		PM (cm)	MT (cm)	JGH (butir)	JGB (butir)		
15	G13 (17)	21,83	defgh	24,68	12,30	95,30	abc
16	G13 (8)	23,44	abcde	26,17	11,29	86,79	ab
17	G13 (18)	21,76	defgh	24,32	13,70	82,60	ab
18	G13 (12)	22,56	bcdefg	25,76	17,96	75,74	ab
19	G13 (15)	23,67	abcde	26,37	17,83	83,13	ab
20	G13 (2)	20,67	gh	25,54	11,96	75,92	ab
21	G15 (4)	22,31	bcdefgh	25,26	15,57	68,30	a
22	G15 (1)	23,57	abcde	25,36	12,59	78,74	ab
23	G15 (7)	23,95	abc	26,15	12,29	86,00	ab
24	G12 (1)	21,21	fgh	24,26	16,50	70,29	ab
25	G12 (7)	21,40	fgh	24,67	19,60	68,33	a
26	G12 (17)	22,23	cdefgh	24,79	12,26	69,07	a
27	G24 (11)	22,57	bcdefg	26,61	22,40	90,77	abc
28	G24 (17)	22,14	cdefgh	25,44	21,29	82,19	ab
29	G24 (8)	21,71	efgh	25,21	19,22	92,26	abc
30	G24 (6)	21,28	fgh	24,24	22,53	83,67	ab
31	G24 (10)	24,09	abc	27,04	16,03	90,10	abc
32	G24 (4)	22,85	bcdef	25,79	24,03	82,77	ab
33	G24 (9)	20,52	h	25,63	28,06	75,61	ab
34	INPARI 32	21,48	-	24,39	24,36	148,04	d
35	CIGELIS	23,51	-	26,92	29,80	135,06	cd
36	G16	23,24	-	26,55	17,17	94,73	abc
37	BNJ 5%	2,00		-	-	46,80	

Keterangan: PM = Panjang malai, MT = Malai terpanjang, JGH = Jumlah gabah hampa, JGB = Jumlah gabah berisi, PM = Panjang malai, MT = Malai terpanjang, JGH = Jumlah gabah hampa, JGB = Jumlah gabah berisi, BG100 = Bobot gabah 100 butir, Huruf yang sama pada kolom yang sama menandakan tidak adanya perbedaan yang nyata pada perlakuan menurut uji BNJ taraf 5%.

Lanjutan

No	Perlakuan	Komponen Hasil				Hasil	
		BG100 (g)	BGB (g)	BGH (g)	BGT (g)		
1	G63 (17)	3,31	28,71	abc	2,73	34,75	ab
2	G63 (16)	3,09	24,09	abc	1,29	28,47	ab
3	G63 (15)	3,00	32,43	abc	5,16	40,59	ab
4	G63 (19)	3,19	31,37	abc	2,38	36,94	ab
5	G63 (11)	3,14	26,45	abc	2,24	31,83	ab
6	G63 (5)	3,04	27,72	abc	2,27	33,03	ab
7	G63 (3)	3,48	19,80	ab	1,38	24,66	a
8	G63 (2)	3,28	23,43	ab	3,41	30,13	ab
9	G63 (9)	3,24	34,30	bc	1,95	39,48	ab
10	G63 (6)	2,99	25,36	abc	2,00	30,35	ab
11	G13 (5)	3,06	26,56	abc	1,56	31,18	ab
12	G13 (10)	3,20	27,15	abc	2,05	32,41	ab
13	G13 (1)	3,34	32,37	abc	1,53	37,24	ab
14	G13 (11)	3,20	23,54	ab	2,68	29,41	ab
15	G13 (17)	3,15	20,89	ab	1,86	25,90	a
16	G13 (8)	3,21	18,45	ab	1,82	23,47	a

No	Perlakuan	Komponen Hasil			Hasil		
		BG100 (g)	BGB (g)	BGH (g)	BGT (g)		
17	G13 (18)	3,15	13,78	ab	1,63	18,56	a
18	G13 (12)	3,13	15,10	ab	1,69	19,91	a
19	G13 (15)	3,05	23,91	ab	3,90	30,85	ab
20	G13 (2)	3,12	16,91	ab	1,47	21,49	a
21	G15 (4)	3,07	14,38	ab	1,48	18,93	a
22	G15 (1)	3,09	13,62	ab	3,42	20,13	a
23	G15 (7)	3,17	21,59	ab	2,00	26,76	a
24	G12 (1)	3,00	10,52	a	5,23	18,74	a
25	G12 (7)	3,27	13,09	ab	2,11	18,47	a
26	G12 (17)	3,26	18,98	ab	3,12	25,37	a
27	G24 (11)	3,29	27,28	abc	4,17	34,73	ab
28	G24 (17)	2,48	22,26	ab	2,38	27,12	ab
29	G24 (8)	3,17	28,99	abc	3,39	35,55	ab
30	G24 (6)	3,17	25,28	abc	3,04	31,49	ab
31	G24 (10)	3,28	33,04	abc	4,07	40,38	ab
32	G24 (4)	3,11	26,63	abc	3,53	33,28	ab
33	G24 (9)	3,20	15,54	ab	3,42	22,15	a
34	INPARI 32	3,31	46,61	c	4,06	53,60	b
35	CIGELIS	3,09	31,46	abc	2,68	36,88	ab
36	G16	3,00	43,96	bc	3,07	50,18	ab
37	BNJ 5%	-	22,63	-	-	25,90	-

Keterangan : BGB = Bobot gabah berisi, BGH = Bobot gabah hampa, BGT = Bobot gabah total, Huruf yang sama pada kolom yang sama menandakan tidak adanya perbedaan yang nyata pada perlakuan menurut uji BNJ taraf 5%.

Nilai koefisien korelasi fenotipik (KKF) yang diperoleh beragam. Pada Tabel 5, terlihat bahwa sifat kuantitatif yang diamati memberikan korelasi positif yang nyata dengan bobot gabah total (hasil) kecuali jumlah anakan produktif dan jumlah gabah hampa. Sifat yang memberikan korelasi nyata yang sangat kuat dengan hasil adalah tinggi tanaman dan bobot gabah berisi, sementara malai terpanjang dan jumlah gabah berisi memberikan pengaruh kuat, serta pengaruh cukup diberikan panjang malai dan bobot gabah hampa. Sebaliknya korelasi tidak nyata dengan kriteria sangat lemah ditemukan pada umur berbunga, jumlah anakan total dan bobot gabah 100 butir.

Tabel 5. Nilai Koefisien Korelasi Fenotipik (KKF) antar Sifat Kuantitatif dengan Hasil

No	Sifat Kuantitatif yang Diamati	Nilai KKF		Kriteria
1	Umur Berbunga	0,115	ns	sangat lemah
2	Tinggi Tanaman	0,769	s	sangat kuat
3	Jumlah Anakan Total	0,220	ns	sangat lemah
4	Jumlah Anakan Produktif	-0,051	ns	sangat lemah
5	Panjang Malai	0,499	s	cukup
6	Malai Terpanjang	0,526	s	kuat
7	Jumlah Gabah Hampa	-0,062	ns	sangat lemah
8	Jumlah Gabah Berisi	0,581	s	kuat
9	Bobot Gabah 100 Butir	0,064	ns	sangat lemah
10	Bobot Gabah Berisi	0,987	s	sangat kuat
11	Bobot Gabah Hampa	0,256	ns	cukup

Keterangan: ns = berbeda nyata, s = berbeda nyata ($\alpha = 0,05$).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan daya hasil padi beras merah M3 setelah dilakukan iradiasi sinar gamma 200 Gy pada G16. Tetua G16 diperoleh melalui hasil persilangan ganda antara kultivar Cere (Piong x Sri) dan kultivar Bulu (Soba x Du'u). Iradiasi

sinar gamma yang dilakukan pada G16 bertujuan untuk memperbaiki kelemahan sifat-sifat kuantitatif tanaman. Perbaikan yang ditunjukkan tanaman umumnya memberikan respon yang beragam. Perbedaan respon yang diperlihatkan tanaman disebabkan sifat mutasi yang acak dan kepekaan bahan terhadap radiasi yang berbeda-beda (Suliartini *et al.*, 2020).

Hasil analisis data yang telah dilakukan pada padi beras merah M3 ditampilkan pada Tabel 2., diperoleh beberapa sifat kuantitatif yang diamati menunjukkan adanya perbedaan nyata. Perbedaan ditunjukkan oleh umur berbunga, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, jumlah gabah berisi, bobot gabah berisi dan bobot gabah total untuk beda nyata terkecil. Sifat-sifat kuantitatif seperti tinggi tanaman, malai terpanjang, jumlah gabah hampa, bobot gabah 100 butir dan bobot gabah hampa tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Perubahan fase vegetatif menuju generatif pada tanaman padi ditandai dengan adanya peristiwa pembungaan. Yunus *et al.* (2018) mengungkapkan kemunculan bunga pada populasi tanaman sebanyak 50% dihitung sebagai umur pembungaan. Data umur berbunga yang tersaji pada Tabel 3. menunjukkan bunga yang terbentuk pada semua genotipe mutan lebih dalam dibandingkan seluruh tanaman pembanding kecuali G16. Iradiasi yang dilakukan pada G16 tidak dapat mempercepat umur berbunga. Hasil yang diperoleh berbanding terbalik dengan Boceng *et al.* (2017), yang mana umur berbunga tanaman padi varietas Ase Banda pada perlakuan radiasi 200 Gray sukses dipercepat umur pembungaannya dibanding perlakuan radiasi 0 Gray. Perbedaan respon yang ditunjukkan tanaman dikarenakan sifat mutasi yang acak sehingga meskipun dosis yang diberikan sama, tetapi perubahan tidak selalu mengarah ke arah yang sama (Suliartini *et al.*, 2022).

Tabel 3. menunjukkan sebagian genotipe mutan M3 memiliki jumlah anakan total dan jumlah anakan produktif yang lebih tinggi dibandingkan seluruh tanaman pembanding. Sejalan dengan penelitian Meilala *et al.* (2016) yang memperoleh peningkatan jumlah anakan produktif pada perlakuan radiasi 100-250 Gray dibanding perlakuan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan iradiasi yang dilakukan pada genotipe mutan berhasil meningkatkan jumlah anakan total dan jumlah anakan produktif sebanyak 39,39%. Tingginya kemampuan tanaman dalam membentuk anakan diharapkan dapat diikuti dengan banyaknya anakan produktif yang akan terbentuk. Kasim *et al.* (2018) mengungkapkan, tinggi rendahnya jumlah anakan produktif yang dihasilkan tanaman berpengaruh terhadap hasil karena anakan tersebut berperan dalam membentuk malai. Sayangnya, peningkatan jumlah anakan total dan jumlah anakan produktif pada penelitian ini tidak diikuti dengan peningkatan hasil (Tabel 5).

Salah satu faktor pendukung efisiensi hasil terkait dengan jumlah biji yang dihasilkan tanaman padi ialah panjang malai (Hasan *et al.*, (2021). Iradiasi yang dilakukan pada tetua G16 mengakibatkan terjadinya perubahan yang beragam pada panjang malai tanaman padi. Menurut data yang tersedia pada Tabel 4, sebanyak 13,15% genotipe mutan menghasilkan panjang malai lebih panjang dibandingkan tetuanya, sementara pada tanaman pembanding Inpari 32 dan Cigelis ditemukan sebanyak 63,15% dan 2,63% genotipe mutan membentuk malai lebih panjang, namun tidak berbeda nyata. Peningkatan panjang malai pada tanaman menurut Tumanggor *et al* (2022) dipengaruhi oleh banyaknya jumlah anakan yang membentuk malai. Keberadaan malai yang panjang menjadi peluang bagi tanaman untuk memperoleh hasil yang tinggi, dimana pemanjangan suatu malai diharapkan dapat diikuti dengan banyaknya gabah yang terbentuk (Umam *et al.*, 2018).

Menurut Yunus *et al.* (2018) jumlah gabah yang terbentuk pada suatu malai menjadi salah satu indikator terkait produksi beras. Tabel 4 menyajikan hasil pengamatan jumlah gabah berisi (butir), terlihat seluruh genotipe mutan memiliki jumlah gabah berisi sama dengan tetua G16. Jumlah gabah berisi yang dimiliki G16 lebih rendah dibanding Inpari 32, tetapi tidak berbeda nyata dengan Cigelis. Hal serupa dilaporkan Rahayu *et al.* (2020) bahwa perlakuan tanpa iradiasi diperoleh rata-rata jumlah gabah berisi tertinggi. Hal ini diduga terjadi akibat dosis radiasi yang diinduksi belum efektif sehingga belum mampu memberikan perubahan (Fitrianiingsih, 2021). Lisdyayanti *et al.* (2019) menambahkan mutasi menyebabkan perubahan yang terjadi pada tanaman tidak dapat diprediksi karena sifatnya yang acak.

Salah satu komponen pendukung hasil tanaman padi ialah bobot gabah berisi per rumpun. Bobot gabah berisi yang ditampilkan pada Tabel 4, menunjukkan tidak satupun genotipe mutan mengalami peningkatan bobot gabah berisi dibanding seluruh tanaman pembanding. Diduga hal ini terjadi akibat rendahnya jumlah gabah berisi yang diperoleh setelah dilakukan iradiasi. Hal tersebut didukung Suliartini *et al.* (2022) bahwa jumlah gabah berisi yang diperoleh menentukan bobot gabah perumpun tanaman padi dan secara langsung akan mempengaruhi hasil. Pernyataan tersebut sesuai dengan Tabel 5 bahwa hasil berkorelasi positif dengan jumlah gabah berisi dan bobot gabah berisi.

Sifat kuantitatif yang menjadi tolak ukur hasil dalam penelitian ini adalah bobot gabah total per rumpun. Tabel 4 menunjukkan iradiasi pada seluruh genotipe mutan tidak mengakibatkan peningkatan hasil dibandingkan semua tanaman pembanding. Rendahnya hasil yang didapatkan pada M3 diduga akibat tingginya tingkat sterilitas yang terbentuk pada malai. Hal ini didukung pernyataan Suliartini *et al.* (2022) bahwa mutasi akibat perlakuan iradiasi menyebabkan kerusakan pada tingkat gen dan kromosom sehingga banyak malai steril yang terbentuk. Sejalan dengan yang ditemukan Satpute dan Fultambar (2012) dalam Tumanggor *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa induksi mutasi memicu peningkatan sterilitas polen sehingga jumlah gabah hampa yang terbentuk semakin tinggi. Tingginya jumlah gabah hampa yang terbentuk secara tidak langsung akan diikuti penurunan hasil pada M3 (Tabel 5).

Rendahnya daya hasil yang diperoleh pada penelitian ini disebabkan penurunan tinggi tanaman dan bobot gabah berisi per rumpun (Tabel 3 & Tabel 4). Pasalnya, tinggi tanaman dan bobot gabah berisi memberikan pengaruh nyata terkuat dengan hasil pada M3 (Tabel 5). Sesuai yang didapatkan Sjahril *et al.* (2018) bahwa iradiasi sinar gamma dapat merubah tinggi tanaman menjadi lebih pendek atau tinggi. Standarisasi tinggi tanaman padi sawah mengacu pada IRRI (2002) dalam Sadimantara *et al.* (2018) dikategorikan menjadi pendek (<110 cm), sedang (110-130 cm) dan tinggi (>130 cm). Pemberian sinar gamma dengan dosis 200 Gy memang berhasil menurunkan tinggi tanaman dari tetuanya yang awalnya tergolong sedang menjadi pendek, dan secara tidak langsung hal tersebut akan berimbas pada penurunan hasil tanaman. Selain itu, penurunan tinggi tanaman diduga menyebabkan berkurangnya panjang malai sehingga bobot gabah berisi yang diperoleh menjadi rendah. Hal ini dapat dibuktikan dari tidak adanya satupun genotipe yang ditemukan memiliki bobot gabah berisi lebih tinggi dibanding tetua. Penurunan atau pemendekkan tinggi tanaman kemungkinan disebabkan fungsi hormon giberelin yang abnormal akibat adanya iradiasi sehingga pertumbuhan jumlah, ukuran dan panjang ruas batang terganggu (Wahdah *et al.*, 2015; Tumanggor *et al.*, 2022). Disisi lain, serangan organisme pengganggu tanaman terutama wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) dan burung pipit (*Estrildidae*) diduga menjadi penyebab rendahnya daya hasil M3. Pasalnya,

serangan *Nilaparvata lugens* mengakibatkan tanaman padi menjadi kerdil dan sering kali gabah yang terbentuk menjadi hampa, sementara *Estrildidae* diketahui memakan gabah berisi yang telah terbentuk sehingga jumlah dan bobot gabah berisi yang diperoleh rendah.

Keeratan (derajat) hubungan antar sifat kuantitatif yang diamati dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi fenotipik (KKF). Nilai KKF yang ditunjukkan pada Tabel 5, terlihat hampir seluruh sifat kuantitatif yang diamati memberikan korelasi positif terhadap hasil kecuali anakan produktif dan jumlah gabah hampa. Sifat-sifat kuantitatif yang memberikan hubungan positif nyata dengan hasil yaitu tinggi tanaman, panjang malai, malai terpanjang, jumlah gabah berisi dan bobot gabah berisi. Akbar *et al.* (2019) menginformasikan apabila nilai koefisien korelasi yang didapatkan positif berbeda nyata, maka sifat tersebut dapat dijadikan sebagai karakter seleksi karena peningkatan nilai sifat kuantitatif akan berbanding lurus dengan hasil. Hal ini didukung Astika (1991) dalam Suliantini *et al.* (2022) yang menyatakan korelasi erat yang diperoleh antar karakter secara tidak langsung telah memilih karakter lainnya, sehingga dalam merakit varietas baru penting untuk mengetahui keerataan sifat karena dapat mempermudah peneliti untuk memperoleh sasaran penelitian.

Pada Tabel 2, diketahui diantara ketiga sifat kuantitatif yang menunjukkan perbedaan nyata pada sumber keragaman genotipe hanya panjang malai yang memberikan korelasi positif nyata dengan hasil. Panjang malai yang terbentuk pada beberapa genotipe mutan ditemukan lebih panjang dibanding seluruh tanaman pembandingan memberikan M3 peluang untuk dijadikan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi. Diketahui, setiap peningkatan dan penambahan yang terjadi pada tinggi tanaman, panjang malai, malai terpanjang, jumlah gabah berisi dan bobot gabah berisi akan diikuti dengan peningkatan hasil. Oleh karena itu, untuk memperoleh genotipe yang berdaya hasil tinggi pada mutan M3 perlu memperhatikan sifat-sifat kuantitatif tersebut dalam proses seleksi untuk generasi selanjutnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diambil kesimpulan bahwa radiasi sinar gamma 200 Gy tidak menunjukkan perubahan daya hasil pada populasi galur mutan M3 terhadap tetuanya. Sifat-sifat kuantitatif yang diamati menunjukkan adanya perbedaan kriteria koefisien korelasi fenotipik yang nyata dengan hasil. Tinggi tanaman dan bobot gabah berisi memberikan korelasi nyata sangat kuat, sedangkan kriteria kuat ditunjukkan oleh malai terpanjang dan jumlah gabah berisi, serta panjang malai dan bobot gabah hampa diperoleh korelasi nyata cukup, serta kriteria sangat lemah didapatkan pada umur berbunga, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, jumlah gabah hampa dan bobot gabah 100 butir.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada Pascasarjana Universitas Mataram, LPPM Universitas Mataram dan pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan artikel ini sehingga berhasil dilaksanakan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, M.R., Purwoko, B.S., Dewi, I.S., Suwarno, W.B., Sugiyanta. 2019. Penentuan Indeks Seleksi untuk Galur Dihakloid Padi Sawah Tadah Hujan Berdaya Hasil Tinggi. *Jurnal Agron Indonesia*, 47 (2): 111-118.

- Badan Pusat Statistik. 2022. Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi 2020-2022: [<https://www.bps.go.id/indicator/53/1498/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html>] (Diakses Tanggal 15 Desember 2022).
- Badan Pusat Statistik. 2022. Pada 2022, luas panen padi diperkirakan sebesar 10,61 juta hektare dengan produksi sekitar 55,67 juta ton GKG: [<https://www.bps.go.id/pressrelease/2022/10/17/1910/pada-2022--luas-panen-padi-diperkirakan-sebesar-10-61-juta-hektare-dengan-produksi-sekitar-55-67-juta-ton-gkg.html>] (Diakses Tanggal 15 Desember 2022).
- Budi, R.S., Suliansyah I., Yusniwati, Sobrizal. 2019. Perbaikan Genetik Padi Gogo Beras Merah Sumatera Utara melalui Pemuliaan Mutasi. *Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 15 (1): 45-56.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2020. Petunjuk Teknis Bantuan Pemerintah Program Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Hasil Tanaman Pangan Tahun 2020, Jakarta: [https://tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/B%2012%20Maret%202020_JUKLAK%20BANTUAN%20BENIH%202020.pdf] (Diakses tanggal 18 Desember 2022).
- Kasim, N, R Sjahril, M Riadi, F Arbie. 2018. The Phenotype Performance of M3 Red Rice Mutant (*Oryza sativa* L.). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1-7.
- Kurniawati, S., Chaniago, I., Suliansyah, I. 2018. Seleksi Mutan Padi Beras Merah Lokal Sumatera Barat Genotipe Sigah Berdasarkan Karakter Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan. *APISORA*, 19-24.
- Lisdyyanti, N.D., Anwar, S., Darmawati, A. 2019. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. *Berkala Bioteknologi*, 2 (2): 67-75.
- Meilala, J.H.B., Basuki, N., Soegianto, A. 2016. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Perubahan Fenotipik Tanaman Padi Gogo (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4 (7): 585-594.
- Pangerang, F. 2022. Karakteristik Beras Padi Lokal Kabupaten Bulungan. *Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia*. Tasikmalaya.
- Sadimantara, G.R., Nuraida, W., Suliantini, N.W.S., Muhidin. 2018. Evaluation of Some New Plant Type of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) Lines Derived from Cross Breeding for The Growth and Yield Characteristics. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-7.
- Sjahril, R., Riadi, M., Rafiuddin, Sato, T., Toriyama, K., Trisnawaty, A.R. 2018. Effect of Heavy Ion Beam Irradiation on Germination of Local Toraja Rice Seed (M1-M2) Mutant Generation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-5.
- Sugiarto, R., Kristanto, B.A., Lukiwati, D.R. 2018. Respon Pertumbuhan dan Produksi Padi Beras Merah (*Oryza nivara*) terhadap Cekaman Kekeringan pada Fase Pertumbuhan Berbeda dan Pemupukan Nanosilika. *Agrokompleks*, 2 (2): 169-179.
- Suliantini, N.W.S., Rahayu, D.P., Aryana, I.G.P.M. 2022. Parameter Genetik Beberapa Genotipe Mutan Padi (*Oryza Sativa* L.) Galur G10 Generasi Kedua Hasil Iradiasi Sinar Gamma 300 Gray, 1-10.
- Suliantini, 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. *Sains Teknologi & Lingkungan*, 8 (1): 66-72.
- Suliantini, N.W.S., Aryana, I.G.P.M., Sudharmawan, A.A.K. 2020. Radiosensitivity and Seedling Growth of Several Genotypes of Paddy Rice Mutants Irradiated with Gamma Rays at Different Doses. *Internasional Ilmu Hortikultura, Pertanian dan Pangan (IJHAF)*, 4 (6): 242-247.
- Syahril, M. 2018. Rancangan Bersekat (Augmented Design) untuk Penelitian Bidang Pemuliaan Tanaman. *Agrosamudra*, 5 (1): 63-66.
- 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.

- Ujianto, L., Aryana, M., Sudika, I.W., Sudharmawan, A.A.K. 2020. Teknik Analisis dan Rancangan Persilangan. Mataram University Press. Mataram.
- Umam, R., Sudharmawan, A.A.K., Sumarjan. 2018. Tampilan Sifat Kuantitatif Beberapa Galur F7 Padi Beras Merah (*Oryza Sativa L.*) Hasil Silang Ganda Indica dengan Javanica. *Crop Agro*, 11 (1): 40-47.
- Wahdah, Raihani, Gusti Rumayadi, Rahmi Zulhidiani. (2015). Evaluasi Penampilan Galur Mutan Generasi M5 dan M6 Berbasis Iradiasi Padi Varietas Lokal Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional FKPTPI*, 218-228.
- Wahdah, R., Rumayadi, G., Zulhidiani, R. 2015. Evaluasi Penampilan Galur Mutan Generasi M5 dan M6 Berbasis Iradiasi Padi Varietas Lokal Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional FKPTPI*. 218-228.
- Yunus, S., Parjanto, Nandariyah, Wulandari, S. 2018. Performance of Mentik Wangi Rice (*Oryzasativa, L.*) M2 Generation from Gamma Ray Irradiation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-8.