

## **Keragaan dan Produksi Padi Gogo Lokal Aceh Kultivar Silesio Generasi M1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma**

### ***Performance and Production of Local Aceh Upland Rice Cultivar Silesio M1 Generation by Gamma Ray Irradiation***

**A. Mardiyah, Y. Marnita, M. Syahril\***

Fakultas Pertanian, Universitas Samudra  
Meurandeh, Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24415, Indonesia

\* E- mail : muhammadsyahrillubis@unsam.ac.id

#### **ABSTRAK**

Peningkatan keragaman dengan teknik mutasi melalui iradiasi sinar gamma merupakan salah satu metode dalam program pemuliaan tanaman. Penggunaan iradiasi sinar gamma telah banyak terbukti sebagai metode yang berhasil dalam upaya perakitan varietas. Perubahan keragaan dan produksi padi hasil iradiasi sinar gamma perlu diidentifikasi sebagai akibat dari mutasi yang bersifat acak pada genetik tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keragaan karakter morfologi dan produksi padi gogo lokal Aceh kultivar Silesio hasil iradiasi sinar gamma pada dosis iradiasi 100-400 Gy. Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan acak kelompok faktor tunggal dengan 5 ulangan menggunakan jarak tanam 30 cm x 30 cm dengan satu benih per lubang tanam. Faktor yang diteliti adalah mutan hasil iradiasi sinar gamma generasi M-1 yang terdiri atas 5 taraf, yaitu: 0, 100, 200, 300, dan 400 Gy. Masing-masing individu diamati karakter: tinggi tanaman (cm), panjang daun (cm), lebar daun (cm), panjang daun bendera (cm), kelengkungan daun, jumlah anakan (batang), umur berbunga (hari setelah tanam), jumlah anakan produktif (batang), umur panen (hari setelah tanam), panjang malai (cm), jumlah gabah total per malai (butir.malai<sup>-1</sup>), persentase gabah hampa per malai (%), dan produksi gabah per rumpun (g). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada  $\alpha=5\%$ . Hasil penelitian menunjukkan penurunan tinggi tanaman dan lebar daun akibat perlakuan iradiasi tetapi tidak terjadi perubahan pada panjang daun, panjang daun bendera, dan kelengkungan daun. Terjadi penurunan umur berbunga dan umur panen akibat perlakuan iradiasi 200, 300, dan 400 Gy dari berumur dalam menjadi berumur sedang. Padi kultivar Silesio menunjukkan peningkatan produksi pada dosis iradiasi 100, 200, dan 300 Gy dan mengalami penurunan produksi pada dosis iradiasi 400 Gy.

**Kata kunci:** genetik, genjah, mutasi, pemuliaan

#### **ABSTRACT**

Increasing variability with mutation techniques through gamma ray is one of the methods in plant breeding program. The use of gamma ray irradiation has been widely proven as a successful method in the effort to creating varieties. Changes in performance and rice production resulting from gamma ray irradiation important to be identified as a result of mutations which randomly in plant genetics. This research aimed to identify the morphological characters and production of upland rice local Aceh cultivar Silesio results from gamma ray irradiation at a radiation dose of 100 to 400 Gy. The study was conducted with randomized block design single factor with 5 replications, using spacing 30 cm x 30 cm with one seed per hole. The factors studied were the mutants from the gamma ray irradiation of the M-1 generation which consisted of 5 levels, namely: 0, 100, 200, 300, and 400 Gy. Each individual was observed: plant height (cm), leaf length (cm), leaf width (cm), flag leaf length (cm), leaf curvature, number of tillers (stems), age of flowering (days after planting), number of tillers productive (stem), harvest age (days after planting), panicle length (cm), number of grains per panicle (grain.panicle<sup>-1</sup>), percentage of empty grain per panicle (%), and grain production per plant (g). The data obtained were analyzed using the F test at confidence level 95% and continued with the honestly significant difference test (HSD) at  $\alpha = 5\%$ . The results showed a decrease in plant height and leaf width due to irradiation treatment but there was no change in

leaf length, flag leaf length and leaf curvature. There was a decrease in flowering and harvesting age due to radiation treatment of 200, 300, and 400 Gy from deep to medium age. Silesio rice cultivar showed increased production at irradiation doses of 100, 200, dan 300 Gy and decreased production at irradiation doses of 400 Gy.

**Keywords:** breeding, early maturity, genetics, mutation

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim berdampak terhadap peningkatan lahan lahan sub optimal khususnya peningkatan lahan kering. Peningkatan lahan kering berdampak pada penurunan produktivitas lahan khususnya lahan sawah yang ditanami padi sehingga berdampak pada ketersediaan pangan khususnya beras. Oleh karena itu, perlu adanya strategi menjaga ketahanan pangan termasuk diantaranya tetap melakukan budidaya pada lahan kering. Penggunaan varietas padi gogo dapat menjadi salah satu solusi, namun sampai saat ini belum banyak benih padi gogo yang dilepas pemerintah tersedia di pasaran jika dibandingkan dengan padi sawah. Petani di daerah daerah tertentu seperti Aceh Timur lebih mudah mendapatkan benih padi gogo lokal tetapi dengan umur yang dalam memungkinkan petani hanya menanam satu kali selama satu sahun.

Kultivar padi lokal yang memiliki sifat tahan terhadap cekaman biotik maupun abiotik, ternyata masih memiliki kelemahan dalam segi umur. Secara umum kultivar lokal memiliki umur yang relatif panjang jika dibandingkan dengan varietas-varietas unggul yang telah dilepas pemerintah. Kelemahan ini yang menyebabkan petani sangat jarang untuk membudidayakan kultivar padi lokal secara komersial mengingat umur panen yang dapat mencapai tujuh bulan jika dibandingkan dengan varietas unggul yang hanya berumur empat bulan. Padi lokal yang memiliki umur panjang tetapi toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik perlu mendapatkan sentuhan pemuliaan tanaman untuk memperpendek umur produksi. Kultivar Silesio memiliki toleransi kekeringan yang lebih baik dibandingkan beberapa kultivar lokal Aceh bagian timur dengan produktivitas tertinggi tetapi memiliki umur dalam yaitu 163 hari [1].

Pemendekan umur padi gogo kultivar Silesio telah dilakukan melalui persilangan dengan kultivar Cihorang [2]. Metode lain yang dapat ditempuh untuk pemendekan umur kultivar Silesio adalah melalui iradiasi Sinar Gamma. Beberapa penelitian menunjukkan penggunaan sinar gamma efektif dalam program perakitan varietas. Iradiasi

sinar gamma efektif dalam perakitan padi umur genjah [16], untuk meningkatkan kandungan tanin pada tanaman leunca [3], untuk mengurangi serangan layu bakteri dan pecah buah pada tanaman tomat [4], efektif dalam peningkatan kandungan pati pada tanaman ubi kayu [5].

Melalui penelitian ini padi gogo kultivar Silesio diiradiasi dengan sinar gamma untuk selanjutnya dilihat keragaan dan potensi hasil generasi M1. Nilai keragaan dan potensi hasil M1 dapat dijadikan sebagai nilai acuan populasi dasar untuk ditanam pada generasi M2 dalam program perakitan varietas padi gogo berproduksi tinggi dan berumur genjah.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan mulai bulan April 2020 s/d September 2020. Iradiasi sinar gamma dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Pasar Jumat Jakarta. Penelitian lapangan dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Samudra, Langsa dengan ketinggian tempat  $\pm 10$  m dpl.

Penentuan dosis iradiasi diperoleh dengan melakukan percobaan iradiasi awal untuk memperoleh nilai LD<sub>50</sub>. Pencarian informasi nilai LD<sub>50</sub> dilakukan dengan melakukan iradiasi benih benih padi gogo kultivar Silesio dengan dosis iradiasi 0 (kontrol), 100, 200, 300, 400 dan 500 Gy dalam gamma chamber dengan jumlah benih setiap dosis iradiasi sebanyak 100 butir. Selanjutnya benih ditanam dalam nampan plastik dan pengamatan daya tumbuh benih dilakukan pada 2 minggu setelah tanam untuk mencari nilai LD<sub>50</sub>. LD<sub>50</sub> dihitung dengan menggunakan software Minitab berdasarkan persentase daya tumbuh M1. Nilai LD<sub>50</sub> yang diperoleh dari percobaan ini yaitu sebesar 310,5 Gy sehingga dosis maksimum iradiasi yang digunakan dalam penelitian sebesar 400 Gy.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi lokal kultivar Silesio generasi M1 hasil iradiasi sinar Gamma. Pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk kompos dengan dosis 20 ton.ha<sup>-1</sup>, Urea 150 kg.ha<sup>-1</sup>, TSP 75 kg.ha<sup>-1</sup>,

dan KCl 75 kg.ha<sup>-1</sup>. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat olah tanah, alat tulis, kamera digital, timbangan digital, dan alat-alat lain yang mendukung penelitian.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktor tunggal dengan 5 ulangan. Plot berukuran 150 cm x 300 cm dengan jumlah tanaman per plot 150 tanaman dan seluruhnya dijadikan sumber data. Faktor yang diteliti adalah mutan hasil iradiasi sinar gamma yang terdiri atas 5 taraf yaitu 0 (kontrol), 100, 200, 300, dan 400 Gy. Penanaman benih padi gogo dilakukan dengan cara tanam benih langsung (tabel) menggunakan tugal dengan arak tanam yang digunakan adalah 30 cm x 30 cm. Setiap lubang tanam ditanami satu butir benih. Untuk mendapatkan mutan yang toleran kondisi lahan kering, penyiraman tidak dilakukan dan penyiangan dilakukan setiap 3 minggu. Penyemprotan pestisida dilakukan secara terbatas disesuaikan dengan tingkat serangan OPT. Pemanenan dilakukan saat tanaman terlihat sudah masak optimal yang ditandai dengan sudah merunduknya malai padi dan warna bulir sudah

tampak kuning bercahaya. Gabah hasil panen dijemur sampai kadar air biji  $\pm 14\%$ .

Pengamatan dilakukan terhadap setiap individu untuk karakter: tinggi tanaman (cm), panjang daun (cm), lebar daun (cm), panjang daun bendera (cm), kelengkungan daun, jumlah anakan (batang), umur berbunga (hari setelah tanam), jumlah anakan produktif (batang), umur panen (hari setelah tanam), panjang malai (cm), jumlah gabah total per malai (butir.malai<sup>-1</sup>), persentase gabah hampa per malai (%), dan produksi gabah per rumpun (gram). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95 % dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada  $\alpha = 5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata dari iradiasi sinar gamma terhadap karakter tinggi tanaman dan lebar daun pada fase vegetatif, namun tidak berpengaruh nyata terhadap karakter panjang daun dan kelengkungan daun. Rata-rata nilai dari setiap karakter vegetatif yang diamati dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Keragaan karakter fase vegetatif padi kultivar Silesio generasi M1

Perlakuan Sinar Gamma	Tinggi Tanaman (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)	Kelengkungan Daun (cm)
K0 (0 Gy)	143,00 c	55,4	2,08 b	0,79
K1 (100 Gy)	128,80 ab	54,2	1,86 a	0,88
K2 (200 Gy)	130,60 b	56,8	1,97 ab	0,86
K3 (300 Gy)	123,40 ab	54,4	1,88 ab	0,89
K4 (400 Gy)	119,80 a	51,2	1,87 a	0,87
BNJ	10,71	tn	0,20	tn

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ pada taraf 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang nyata pada karakter tinggi tanaman. Tinggi tanaman kultivar Silesio pada perlakuan kontrol adalah 143 cm, berada pada kriteria tinggi. Sedangkan tanaman yang diiradiasi dengan sinar gamma tinggi tanaman berada pada kisaran 119,8 cm sampai dengan 131,6 cm, berada pada kisaran sedang/intermediate. Berdasarkan standar IRRI [6], tinggi tanaman dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu pendek pada kisaran kurang dari 110 cm di dataran rendah dan kurang dari 90 cm di dataran tinggi; kategori sedang/intermediate pada kisaran 110 cm sampai dengan 130 cm di dataran rendah dan kisaran 90 cm sampai dengan 125 cm di dataran tinggi; serta

kategori tinggi yaitu lebih dari 130 cm di dataran rendah dan lebih dari 125 cm di dataran tinggi. Hasil penelitian memberikan dampak positif terhadap pemuliaan tanaman karena mutan yang diperoleh memiliki postur yang lebih ideal. Tanaman padi dengan postur tinggi rentan mengalami rebah dan juga menyulitkan saat pemanenan. Dewi dkk. [7] menyatakan umumnya petani kurang menyenangi varietas yang berpostur tinggi karena rentan rebah, sedangkan varietas yang berpostur terlalu pendek (<80) sering menyulitkan ketika pemanenan.

Terjadi penurunan pada lebar daun akibat iradiasi sinar gamma. Penurunan tertinggi terdapat pada perlakuan iradiasi 100 dan 400 Gy yang

berbeda nyata dengan kontrol. Penurunan lebar daun memberikan peluang bagi tanaman untuk lebih toleran terhadap kekeringan karena penurunan luas permukaan daun.

Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada karakter panjang daun bendera dan lebar daun bendera (Tabel 2). Hasil ini memberikan gambaran bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari karakter morfologi tanaman padi

gogo kultivar Silesio yang diiradiasi dengan kontrol, kecuali pada karakter tinggi tanaman. Hasil ini memberikan peluang untuk perbaikan genetik kultivar Silesio melalui mutasi sinar gamma. Pemuliaan tanaman mutasi radiasi diharapkan tidak menyebabkan perubahan fisiologis yang nyata tetapi terjadi perubahan genetik dalam jumlah besar untuk meningkatkan keragaman genetik.

**Tabel 2.** Keragaan karakter daun bendera dan umur tanaman Silesio generasi M1

Perlakuan Gamma	Sinar	Panjang Daun Bendera (cm)	Lebar Daun Bendera (cm)	Umur Berbunga (HST)	Umur Panen (HST)
K0 (0 Gy)		31,80	2,19	119b	153b
K1 (100 Gy)		31,80	2,11	100a	130a
K2 (200 Gy)		33,80	2,19	96a	127a
K3 (300 Gy)		33,60	2,17	96a	126a
K4 (400 Gy)		30,80	2,18	95a	126a
BNJ		tn	tn	6.4	7.3

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ pada taraf 5%

Tabel 2 juga menunjukkan terjadi perubahan pada karakter umur berbunga dan umur panen. Kultivar Silesio yang diiradiasi sinar gamma pada dosis 100, 200, 300, dan 400 Gy mengalami pengurangan umur berbunga dan umur panen. Umur berbunga tanaman yang diiradiasi sinar gamma berkisar antara 95 hari setelah tanam (HST) sampai dengan 100 HST, sedangkan kontrol 119 HST. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian dari Warman dkk. [8] yang melaporkan terdapat 0,08% mutan padi beras hitam lokal sumater barat dengan umur berbunga 91-100 HST pada dosis iradiasi 200 Gy. Umur panen tanaman yang diiradiasi berkisar antara 126 HST sampai dengan 30 HST sedangkan kontrol berumur 153 HST. Terjadi pengurangan umur panen dari kriteria dalam menjadi sedang

berdasarkan kriteria dari BB Padi [9] yaitu ultra genjah (105-124 HSS), sedang (125-150 HSS) dan berumur dalam (>151 HSS). Data hasil penelitian dalam bentuk HST dapat langsung dibandingkan dengan data dari BB Padi dalam bentuk HSS karena dalam penelitian tidak dilakukan penyemaian, tetapi penanaman dilakukan secara langsung (TABELA).

Hasil analisis ragam pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap karakter fase generatif menunjukkan pengaruh yang nyata untuk karakter jumlah anakan, jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah hampa per malai, dan produksi per tanaman, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap karakter jumlah gabah total per malai. Nilai rata-rata setiap karakter fase generatif yang diamati dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data pengamatan karakter fase generatif padi kultivar Silesio Generasi M1

Perlakuan	Jumlah anakan	% Terhadap kontrol	Jumlah anakan produktif	% Terhadap kontrol	Panjang malai (cm)	% Terhadap kontrol
0 Gy	20.50b	-	18.6b		31.50c	
100 Gy	19.40b	-5.4%	16.5b	-11.3%	28.40b	-9.8%
200 Gy	18.60b	-9.3%	15.4b	-17.2%	27.50b	-12.7%
300 Gy	18.30b	-10.7%	15.2b	-18.3%	26.80b	-14.9%
400 Gy	10.40a	-49.3%	8.3a	-55.4%	21.50a	-31.7%
Rataan	18.04		14.80		27.14	
BNJ	3.21		4.51		1.80	

Perlakuan	Jumlah gabah per malai (butir)	% Terhadap kontrol	Jumlah gabah hampa per malai (butir)	% Terhadap kontrol	Produksi per tanaman (gram)	% Terhadap kontrol
0 Gy	320.40		15.30a		70.50b	
100 Gy	327.30	2.2%	17.30a	47.7%	81.30c	15.3%
200 Gy	335.30	4.7%	17.60a	54.2%	92.50d	31.2%
300 Gy	350.40	9.4%	18.40a	59.5%	93.40d	32.5%
400 Gy	331.40	3.4%	78.50b	413.1%	56.60a	-19.7%
Rataan	332.96		32.88		78.86	
BNJ	tn		3.21		6.57	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ pada taraf 5%

Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara dosis iradiasi 100 Gy sampai dengan 300 Gy dengan kontrol pada karakter jumlah anakan.

Perbedaan jumlah anakan baru terlihat pada perlakuan iradiasi 400 Gy, dengan penurunan mencapai 49.3 %. Penurunan jumlah anakan akibat iradiasi disebabkan karena kerusakan fisik akibat efek deterministik dari perlakuan iradiasi. Penurunan jumlah anakan pada perlakuan iradiasi akan berpengaruh pada penurunan produksi. Syahril [2] mengemukakan bahwa anakan produktif merupakan salah satu komponen hasil yang berpengaruh langsung terhadap tinggi rendahnya hasil gabah. Peningkatan produktivitas tanaman padi berhubungan dengan banyaknya anakan produktif, karena anakan secara langsung menghasilkan malai padi yang memproduksi biji padi atau gabah. Aryana dkk. [10] dalam penelitiannya menyatakan bahwa peningkatan produktivitas tanaman padi berhubungan dengan banyaknya anakan produktif, karena anakan secara langsung menghasilkan malai padi.

Terjadi peningkatan produksi dengan iradiasi sinar gamma sampai pada dosis iradiasi 300 Gy. Peningkatan tertinggi terjadi pada dosis 300 Gy sebesar 32,5% jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tetapi perlakuan iradiasi 400 Gy menurunkan produksi per tanaman sebesar 19.7%. Mugiono dkk. [11] dalam penelitiannya melaporkan terjadi peningkatan produktivitas padi varietas Cisanta yang mengalami perlakuan dosis iradiasi sinar gamma 100, 200 dan 300 Gy dibandingkan dengan kontrol, dan setelah dilakukan penelitian hingga pada M3 dan M4 dan juga pada musim hujan dan musim kering, produktivitas padi mutan lebih tinggi dibandingkan dengan padi kontrol. Warman dkk. [8] juga melaporkan dosis optimum iradiasi

gamma untuk padi beras hitam lokal Sumatera Barat adalah 200 Gy sampai dengan 300 Gy. Demikian juga El-Degwi [12] melaporkan dosis terbaik untuk iradiasi tanaman padi berkisar antara 200 Gy sampai dengan 300 Gy, sementara Zhu dkk. [13] melaporkan dosis sinar gamma paling efektif berada pada kisaran 300 Gy sampai dengan 350 Gy. Berbeda dengan penelitian dari Meliala dkk. [14] yang melaporkan bahwa tidak terdapat perbedaan produksi tanaman padi gogo yang nyata pada populasi yang diiradiasi sinar gamma dengan populasi kontrol.

Penurunan produksi pertanaman pada iradiasi 400 Gy disebabkan karena terjadinya peningkatan jumlah gabah hampa per malai yang mencapai 413,1 %. Peningkatan jumlah gabah hampa pada perlakuan iradiasi terutama pada dosis 400 Gy merupakan bentuk kerusakan fisik akibat efek deterministik iradiasi. Sejalan dengan penelitian Budi dkk. [15] yang melaporkan bahwa dosis iradiasi di atas 300 Gy menyebabkan persentase kehampaan gabah per malai (sterilitas) meningkat secara signifikan ( $> 15\%$ ). Hasil penelitian secara umum potensial untuk dilanjutkan pada generasi berikutnya untuk program pemuliaan karena pada dosis iradiasi 100 Gy sampai dengan 300 Gy menunjukkan peningkatan produksi per tanaman dengan peningkatan tertinggi terdapat pada dosis 300 Gy.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terkaji penurunan tinggi tanaman akibat perlakuan iradiasi sinar gamma. Pada karakter generatif, terjadi peningkatan produksi pada dosis iradiasi 100 Gy sampai dengan 300 Gy dengan peningkatan tertinggi terdapat pada dosis 300 Gy dan terjadi penurunan produksi pada dosis radiasi 400 Gy.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Ristekbrin Kemendikbud untuk pembiayaan penelitian ini, melalui Program Dana Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syahril, "Uji adaptasi beberapa kultivar padi lokal kabupaten aceh timur di lahan kering kebun percobaan Universitas Samudra", *Agrosamudra*, vol. 4, no. 1, pp. 71-76, Juni 2017.
- [2] M. Syahril, "Heterosis dan heterobeltiosis populasi padi F1 hasil persilangan varietas berumur pendek dengan varietas lokal Aceh berproduksi tinggi", *Agrosamudra*, vol. 5, no. 2, pp. 25-30, Oktober 2018.
- [3] S.H.Y. Saragih, S.I. Aisyah, Sobir, "Induksi mutasi tanaman leunca (*Solanum nigrum* L.) untuk meningkatkan keragaman kandungan tanin", *J. Agron. Indonesia*, vol. 47, no. 1, pp. 84-89, April 2019.
- [4] M.R. Romadhon, S.H. Sutjahjo, S. Marwiyah, "Evaluasi genotipe tomat hasil iradiasi sinar gamma di dataran rendah," *J. Agron. Indonesia*, vol. 46, no. 2, pp. 189-196, Agustus 2018.
- [5] I. Subekti dkk., "Evaluasi hasil dan kandungan pati mutan ubi kayu hasil iradiasi sinar gamma generasi M1V4," *J. Agron. Indonesia*, vol. 46, no. 1, pp. 64-70, April 2018.
- [6] IRRI, *Standard evaluation system for rice (SES)*, 1st ed., IRRI, Ed. Philippines, Philippines: IRRI, 2002.
- [7] I.S. Dewi dkk., "Karakterisasi galur haploid ganda hasil kultur antera padi," *Buletin Plasma Nutfah*, vol. 15, no. 1, pp. 1-12, Juni 2009.
- [8] B. Warman dkk., "Perbaikan genetik kultivar padi beras hitam lokal Sumatera Barat melalui mutasi induksi," *J. Apl. Isot. dan Radiasi*, vol. 11, no. 2, pp. 125-136, Desember 2015.
- [9] BB Padi. (2016, September) Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. [Online]. <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-berita/tahukah-anda/klasifikasi-umur-tanaman-padi#:~:text=Berdasarkan%20umur%2C%20secara%20umum%20tanaman,padi%20varietas%20unggul%20berumur%20genjah.>
- [10] I.G. Aryana, A.A.K. Sudarwaman, B.B. Santoso. "Keragaman F1 dan heterosis karakter agronomis pada beberapa persilangan padi beras merah," *J. Agron. Indonesia*, vol. 45, no. 3, pp. 221-227, Desember 2017.
- [11] Mugiono, L. Harsanti, A.K. Dewi "Perbaikan padi varietas Cisantana dengan mutasi induksi," *J. Apl. Isot. dan Radiasi*, vol. 5, no. 2, pp. 194-210, Desember 2019.
- [12] S. El-Degwi, "Mutation induced genetic variability in rice (*Oriza sativa* L.)," *Intl. Journal of Agriculture and Crop Science*, vol. 5, no. 23, pp. 2789-2794, 2013.
- [13] X. D Zhu, H.Q. Chen, J.X. Shan, "Nuclear techniques for rice improvement and mutant induction in China National Rice Research Intitute," *Plant Mutation Report*, vol. 1, no. 1, pp. 7-10, May 2006.
- [14] J.H.S. Meliala, N. Basuki, A. Soegianto, "Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perubahan fenotipik tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.)," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 4, no. 7, pp. 585-594, Oktober 2016.
- [15] R.S. Budi dkk., "Perbaikan genetik padi gogo beras merah Sumatera Utara melalui memuliaan mutasi", *J. Apl. Isot. dan Radiasi*, vol. 15, no. 1, pp. 45-56, Juni 2019.
- [16] M. Minn, A.A. Khai, K.M. Lwin. "Study on the effect of gamma radiation on rice Sin Thwe Latt (IR53936)", *GMSARN Proc. Int. Conf. on Sust. Dev: Issue and prospects for the GMS.* 12-14 Nov. pp.1-5, 2008.