

Genetic Diversity of Red Rice (*Oryza Sativa* L.) Population M2 Results of G16 Rice Genotype Mutations with 200gy and 300gy Gamma Ray Irradiation

A A K Sudharmawan^{1*}, I G P M Aryana¹, Ni Wayan Sri Suliartini¹, Sofian Aji Purnama¹

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Kota Mataram, Indonesia;

Article History

Received : October 21th, 2022

Revised : November 20th, 2022

Accepted : December 01th, 2022

*Corresponding Author:

A A K Sudharmawan,

Program Studi

Agroekoteknologi, Fakultas
Pertanian, Universitas Mataram,
Kota Mataram, Indonesia;

Email:

agungsudharmawan@gmail.com

Abstract: Mutational breeding can be used to obtain superior varieties by improving some of the desired traits, without changing most of the good traits. The purpose of this study was to determine the genetic diversity of brown rice through segregation of traits in rice mutants due to gamma ray irradiation at doses of 200 gy and 300 gy. The method used is an experimental method carried out from May to September 2021 with a *single plant*. The distribution of the data was tested by the Kolmogorov-Smirnov test using *software* and the segregation ratio suitability test using the Chi-Square method with a 5% significance level. The results showed that the data distribution was normally distributed, meaning that it was controlled by many genes (*polygenic*). on the quantitative trait whose data distribution is not normally distributed, it indicates that the trait is controlled by *simplegenic*. The results of the Mendel's ratio suitability test using Chi-Square for quantitative traits that follow the Mendelian ratio, which shows a segregation ratio of 9: 7 (double recessive epistasis) where the same phenotype is produced by both homozygous recessive genotypes and two recessive genes are epistatic to the dominant allele. For traits that do not follow the Mendelian ratio or their modifications, it is assumed that they are controlled by many genes (minor genes) so that individual effects are difficult to distinguish.

Keywords: diversity; epistasis; mutation, mendel; recessive; segregation

Pendahuluan

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) adalah tanaman budidaya yang krusial, sebab hampir seluruh penduduk Indonesia bergantung pada ketersediaan beras (Zulman, 2015). Luas panen tanaman padi pada tahun 2019 sebesar 281.666 Ha, dan pada tahun 2020 seluas 272.193 Ha (Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Barat, 2020). Produksi gabah kering pada tahun 2019 mencapai 1.402.182 ton, dan produksi gabah kering pada tahun 2020 yaitu 1.309.795 ton. Berdasarkan data tersebut penurunan produksi padi sejalan dengan semakin menyempitnya luas arean tanam padi disetiap tahunnya.

Pemuliaan mutasi dapat digunakan untuk memperoleh varietas unggul dengan memperbaiki beberapa sifat yang diinginkan, tanpa mengubah sebagian besar sifat baiknya (BB Biogen, 2011). Upaya memperbaiki sifat kuantitatif padi beras merah G16 yaitu umur

panen, jumlah gabah permalai, dan meningkatkan nilai komersial padi beras. Maka dilakukan perbaikan genetik melalui teknik mutasi induksi sinar gamma, dengan begitu pemulia dapat melakukan seleksi sebagai kerangka dalam pembentukan varietas unggul baru. Pernyataan tersebut didukung oleh pendapat Suliartini *et al*, (2020) bahwa dengan iradiasi sinar gamma ditujukan untuk memperoleh populasi dasar yang memiliki tingkat keragaman genetik tinggi, kemudian selanjutnya akan diseleksi melalui program pemuliaan lebih lanjut.

Perolehan varietas baru pada tanaman dapat dilakukan dengan meningkatkan keragaman genetik (Carsono, 2008) dengan memanfaatkan tersedia plasma nutfah dan persilangan (Sitepu, 2015), melalui teknologi kultur in vitro menghasilkan genetik variasi yang terjadi termasuk variasi/keanekaragaman somaklonal. Keragaman genetik juga dapat

dicapai melalui radiasi sinar gamma (Togatorof *et al.*, 2016), hal ini biasanya dilakukan pada koleksi plasma nutfah terbatas. Menurut Aisha (2009) bahan iradiasi (mutagen) yang sering digunakan dalam penelitian adalah benih, dimana morfologi tanaman pada uji LD50 menunjukkan bahwa 300 Gy adalah yang tertinggi (Hutasoit *et al.*, 2022)

Salah satu upaya untuk melihat keragaman genetik secara sederhana dapat dilakukan dengan mengamati pola segregasi pada sifat agronomi (Sudharmawan, 2019). Adanya keragaman genetik yang luas memberikan peluang bagi pemulia tanaman untuk melakukan seleksi. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai keragaman genetik padi merah (*Oryza Sativa L.*) populasi M2 hasil mutasi genotipe padi G16 dengan iradiasi sinar gamma 200Gy dan 300Gy” untuk mengetahui pola segregasi sifat pada tanaman muatan padi beras merah G16.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2021 di Desa Nyurlembang, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat.

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kertas klip, kertas label, gelas plastik, Spidol, nampan, traktor, sabit, jaring, bak, ember, alat semprot, tali rafia, patok, kayu, parang, terpal, alat perontok dan alat tulis menulis. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih mutan padi G16 dengan 2 dosis yang berbeda yaitu 200 Gy dan 300 Gy, Larutan Cruiser dan Atonik, pupuk Urea, TSP 36, KCl, NPK, Furadan, Moluskisida Bestnoid 60 WP, Fungisida Amistartop, Blast Gone 75 WP, Insektisida OBR, Spontan, Actara, Trisula.

Rancangan percobaan

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan *Single Plant*, yaitu dengan menanam seluruh populasi M2 satu tanaman per lubang tanpa ulangan (960 tanaman). Analisis data menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov Uji *Chi-square* dan Uji T antar dosis iradiasi, yang terdiri dari 48 genotipe

dengan dosis iradiasi 200 Gy 24 unit, 300 Gy 24 unit, dan setiap genotipe terdiri dari 20 unit percobaan.

Analisis data

Data hasil pengamatan diuji normalitas dengan menggunakan uji Kolmogorof-Smirnov menggunakan *software* SPSS 25. Selanjutnya diuji kesesuaian nisbah Mendel menggunakan metode Uji Chi-Square taraf nyata 5%. Menurut Heryana (2020) Uji Chi-Square sebagai uji statistik non-parameterik, yang memiliki presisi dalam membandingkan dua kelompok atau lebih pada data-data yang telah dikategorisasikan dengan fungsi menguji varians dalam populasi. Uji Chi-Square dapat dihitung dengan persamaan 1.

a. Lebih dari satu kelas

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p \frac{(n_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Keterangan:

p = Banyaknya kelas

n_i = Banyaknya satuan yang diamati termasuk kelas ke-i

E_i = Banyaknya satuan yang diharapkan termasuk kelas ke-i

b. Dua kelas

$$\chi^2 = \frac{(n_1 - E_1 - 0.5)^2}{E_1} + \frac{(n_2 - E_2 - 0.5)^2}{E_2} \quad (2)$$

Keterangan:

n₁ = nilai pengamatan kelas ke-1

n₂ = Nilai pengamatan kelas ke-2

E₁ = Nilai harapan kelas ke-1

E₂ = Nilai harapan kelas ke-2

Hasil dan Pembahasan

Uji normalitas

Hasil analisis uji normalitas menunjukkan sebaran frekuensi data yang terdistribusi normal pada sifat jumlah gabah berisi per malai dosis 300 Gy (Tabel 1). Hal ini disebabkan karakter yang terdistribusi secara normal merupakan karakter yang dikendalikan oleh banyak gen (Hartati *et al.*, 2013). Sebaran data yang tidak normal terdapat pada karakter tinggi tanaman, umur berbunga, total anakan, anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah hampa per malai, berat 100 butir, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah hampa per rumpun, berat gabah per

rumpun pada kedua pemberian dosis radiasi, dan jumlah gabah berisi per malai pada dosis radiasi 200 Gy, menunjukkan sebaran data yang tidak

terdistribusi secara normal atau dikendalikan oleh *simplegenic*.

Tabel 1. Hasil uji Kolomogorov-Smirnov karakter kuantitatif padi beras merah hasil iradiasi 200 GY dan 300GY

Sifat yang diamatai	Dosis radiasi	Nilai signifikansi	Keterangan
Tinggi tanaman	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Umur berbunga	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Total anakan	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,001	Tidak Normal
Total anakan produktif	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Panjang malai	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Jumlah gabah berisi per malai	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,066	Normal
Jumlah gabah hampa pe malai	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Berat 100 butir	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Berat gabah berisi per rumpun	200 gy	0,010	Tidak Normal
	300 gy	0,001	Tidak Normal
Berat gabah hampa per rumpun	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Berat gabah per rumpun	200 gy	0,002	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal

Uji chi-kuadrat

Hasil analisis uji Chi-Kuadrat menunjukkan sifat tinggi tanaman, total anakan produktif pada perlakuan dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy (Tabel 2). Kemudian, sifat total anakan, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah per rumpun pada perlakuan dosis 300 Gy memiliki nilai χ^2 hit < χ^2 tabel pada taraf nyata 5% (Tabel 2). Sifat-sifat tersebut

mengikuti nisbah modifikasi Mendel, yaitu 9 : 7 (epistasis resesif ganda). Sedangkan sifat umum berbunga, panjang malai, berat 100 butir, berat gabah hampa per rumpun perlakuan dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy. Sifat total anakan, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah per rumpun pada perlakuan dosis 200 Gy tidak mengikuti nisbah Mendel maupun modifikasinya.

Tabel 2. Hasil uji Chi-kuadrat sifat kuantitatif padi beras merah hasil induksi sinar gamma 200 Gy dan 300 Gy

Karakter	Dosis Radiasi	Nisbah Segregasi	X ² tabel 5%	X ² tabel 5%
Tinggi tanaman	200 gy	9 : 7	0,398 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	2,025 ^{tn}	3,841
Umur berbunga	200 gy	-	-	-
	300 gy	-	-	-
Jumlah anakan total	200 gy	-	-	-
	300 gy	9 : 7	2,858 ^{tn}	3,841
Total anakan produktif	200 gy	9 : 7	1,028 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	0,571 ^{tn}	3,841
	200 gy	-	-	-

Karakter	Dosis Radiasi	Nisbah Segregasi	X ² tabel 5%	X ² tabel 5%
Panjang malai	300 gy	-	-	-
	200 gy	-	-	-
Jumlah gabah berisi per malai	300 gy	9 : 7	2,054 ^{tn}	3,841
	200 gy	-	-	-
Jumlah gabah hampa pe malai	300 gy	9 : 7	1,344 ^{tn}	3,841
	200 gy	-	-	-
Berat 100 butir	300 gy	-	2,826 ^{tn}	-
	200 gy	-	-	-
Berat gabah berisi per rumpun	300 gy	9 : 7	3,560 ^{tn}	3,841
	200 gy	-	-	-
Berat gabah hampa per rumpun	300 gy	-	-	-
	200 gy	-	-	-
Berat gabah per rumpun	300 gy	9 : 7	2,621 ^{tn}	3,841

Keterangan: tn (tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha 0,05$) dan - (tidak mengikuti nisbah mendel dan modifikasinya)

Sifat yang mengikuti nisbah Mendel

Sifat tinggi tanaman padi beras merah hasil radiasi 200 Gy dan 300Gy menunjukkan data yang tidak terdistribusi normal. Sebaran frekuensi data kuantitatif untuk sifat tinggi tanaman terdistribusi tidak normal, jika sebaran data tidak normal maka perlu dilakukan uji Chi-Kuadrat untuk mengetahui pola segregasi Mendel atau modifikasinya yang tepat (Sudharmawan *et al.*, 2013). Hasil uji kesesuaian nisbah Mendel sifat tinggi tanaman mengikuti nisbah segregasi 9 : 7 atau epistasis resesif ganda. Hasil penelitian Nur (2018) menemukan peristiwa epistasis resesif ganda pada tanaman knaf terjadi bila dua pasang gen bersifat dominan sempurna. Namun, bila keduanya berada dalam keadaan homozigot resesif akan saling memberikan pengaruh, dimana alel akan memberikan pengaruh pada karakter yang sama, berdasarkan hukum segregasi dan kombinasi secara bebas dari mendel.

Sifat total anakan produktif padi beras merah dosis radiasi 200Gy dan 300Gy menunjukkan sebaran data yang terdistribusi tidak normal. Hasil penelitian Eka (2018) melaporkan bahwa sifat total anakan produktif terdistribusi tidak normal atau dipengaruhi oleh sedikit gen. Hasil uji Chi-Kuadrat sifat total anakan produktif mengikuti pola Mendel dengan nisbah segregasi 9 : 7 nisbah tersebut mengidentifikasi bahwa pada karakter total anakan produktif dikendalikan oleh dua gen yang dominasi lengkap. Sementara itu, penelitian Sa'diyah *et al.*, (2013), perbandingan nisbah 9:7

menunjukkan interaksi epistasis resesif ganda hal ini berarti fenotipe yang sama dihasilkan oleh kedua genotipe homozigot resesif dan dua gen resesif bersefifat epistasis terhadap alel dominan.

Sifat jumlah anakan total dari hasil uji normalitas data menunjukkan data yang tidak terdistribusi normal. Hasil uji Chi-kuadrat pada tabel 2 untuk sifat total anakan padi beras merah pada dosis iradiasi sinar gamma 200 Gy tidak mengikuti nisbah Mendel dengan segala modifikasinya, hal ini diakibatkan oleh banyak gen yang mengendalikan sifat anakan total dengan dosis radiasi 200 Gy. Sedangkan pada dosis radiasi 300 Gy mengikuti nisbah mendel 9 : 7 peristiwa ini menunjukkan epistasis resesif ganda. Nisbah 9:7 berarti gen homozigot resesif pada satu lokus bersifat epistasis terhadap gen dominan pada lokus lainnya (Sofari dan Kirana, 2009).

Sifat jumlah gabah berisi per malai menunjukkan sebaran data yang terdistribusi tidak normal pada perlakuan dosis radiasi 200 Gy, sedangkan pada dosis radiasi 300Gy menunjukkan sebaran data yang terdistribusi normal. Karakter yang terdistribusi secara normal merupakan karakter yang dikendalikan oleh banyak gen *polygenic* sehingga tidak perlu dilakukan pengujian nisbah Mendel (Hartati *et al.*, 2013). Hasil uji kesesuaian nisbah Mendel untuk sifat jumlah bagan berisi per malai pada perlakuan dosis radiasi 200 Gy tidak mengikuti pola mendel dengan modifikasinya. Pewarisan sifat tergantung dari perbedaan gen dan banyaknya lokus, pengaruhnya secara individu

sulit dibedakan akibatnya, sifat kuantitatif tidak mengikuti nisbah segregasi Mendel (Ambarwati, 2014). Perlakuan dosis radiasi 300 Gy mengikuti nisbah Mendel 9 : 7 dimana sifat tersebut dikendalikan oleh dua gen yang dominasi lengkap, dimana ketika salah satu gen bersifat homozigot resesif gen tersebut akan menekan sifat fenotipe gen lainnya (Bagus dan Wina 2018).

Sifat jumlah gabah hampa per malai dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan sebaran data yang terdistribusi tidak normal, dimana sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen. Hasil uji kesesuaian nisbah Mendel perlakuan dosis radiasi 200 Gy tidak mengikuti pola segregasi Mendel dengan modifikasinya, sedangkan pada dosis 300 Gy mengikuti nisbah Mendel 9 : 7 (epistasis resesif ganda) perbedaan hasil ini diduga di duga karena perbedaan dosis radiasi yang diberikan. Kegagalan suatu genotipe memberikan respon yang sama dengan genotipe lain pada dua atau lebih lingkungan yang berbeda adalah indikasi terjadinya interaksi antara genotipe dengan lingkungan (Sari *et al.*, 2013).

Sifat berat gabah berisi per rumpun dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan sebaran data yang terdistribusi tidak normal atau pada sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen. Hasil uji kesesuaian nisbah Mendel perlakuan dosis radiasi 200 Gy tidak mengikuti nisbah Mendel maupun modifikasinya. Hasil penelitian Yuniawati *et al.*, (2019) menyatakan karakter bobot biji cenderung memiliki pola segregasi yang bersifat kontinyu karena dikendalikan oleh banyak gen. Sedangkan pada dosis 300 Gy menunjukkan nisbah mendel 9 : 7 (epistasis resesif ganda). Epistasis ini terjadi bila dua gen resesif homozigot mengalahkan gen dominan dan gen resesif lainnya yang bukan sealel dan terdapat gen yang saling membantu dalam menampilkan fenotipe baru (Laras, 2016).

Sifat berat gabah per rumpun pada dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan sebaran data yang terdistribusi tidak normal. Jika sebaran data tidak normal maka perlu dilakukan uji Chi-Kuadrat untuk mengetahui pola segregasi Mendel atau modifikasinya yang tepat (Carsono *et al.*, 2014). Sifat yang tidak terdistribusi normal dapat mengikuti rasio fenotipe Mendel. Hasil uji kesesuaian nisbah mendel dosis radiasi 200 Gy menunjukkan nisbah segregasi yang tidak mengikuti pola Mendel dengan modifikasinya,

untuk perlakuan dosis radiasi 300 mengiti nisbah segregasi Mendel 9 : 7 (epistasis resesif ganda). Mutasi meyebabkan terjadinya perubahan morfologi tanaman kacang tunggak yang berbeda dengan *wildtype*, pada generasi kedua sudah terjadi segregasi pada lokus yang mengalami mutasi sehingga peluang munculnya karakter baru semakin besar (Ayu *et al.*, 2020).

Sifat yang tidak mengikuti nisbah Mendel

Sifat umur berbunga, panjang malai, berat 100 butir, dan berat gabah hampa per malai pada perlakuan dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy tidak mengikuti nisbah Mendel maupun modifikasinya, sifat sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen. Sifat kuantitatif masing-masing gen mempunyai kontribusi kecil dalam pewarisan suatu sifat, sehingga efek-efek individunya tidak bisa dideteksi oleh metode Mendel (Baihaki, 2000). Selain itu, ketidaksesuaian nisbah segregasi yang tidak mengikuti pola mendel ini disebabkan karena lebih dari dua gen yang mengendalikan sifat tersebut (Sudharmawan, 2009).

Hasil analisis Kolmogorov-Smirnov untuk sifat umur berbunga, panjang malai, berat 100 butir, dan berat gabah hampa per malai pada perlakuan dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan sebaran frekuensi data yang terdistribusi tidak normal. Karakter tanaman yang dikendalikan oleh *simplegenic* atau simpel gen maka sebaran datanya tidak terdistribusi secara normal (Nugroho *et al.*, 2013). Hasil analisis menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara hasil dua uji yang digunakan, dimungkinkan akibat tidak terwakilnya semua genotipe generasi ke-dua yang diamatai, yang disebabkan oleh banyak gen (Sudharmawan *et al.*, 2019).

Kesimpulan

Sebaran frekuensi pada dosis iradiasi 300 Gy hanya karakter jumlah gabah berisi per malai yang dikendalikan oleh banyak gen, sedangkan pada dosis iradiasi 200 Gy, sebaran data tidak terdistribusi normal. Pola segregasi yang mengikuti nisbah Mendel adalah sifat tinggi tanaman dan total anakan produktif pada dosis iradiasi 200 Gy dan 300 Gy. Sedangkan pada sifat total anakan, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa permalai, berat gabah berisi

per rumpun, berat gabah per rumpun, dengan dosis 300 Gy, bersifat epistasis resesif ganda atau dikendalikan oleh dua gen yang dominasi secara lengkap, ketika salah satu gen bersifat homozigot resesif gen tersebut menekan atau menutupi sifat lainnya.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara moral maupun material sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- Aisyah S I, Aswidinnor H, Saefuddin A, Marwoto B, & Sastroumarjo S (2009). Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma [Mutation Induction in Carnation (*Dianthus caryophyllus* Linn.) cuttings by gamma ray irradiation] *J Agronomi Indonesia* 37(1) pp 62-70
- Ambarwati, E. (2014). *Pengantar Genetika Kuantitatif*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ayu, Yukarie, Wulandari *et al.*, (2020). Analisis Keragaman Dan Kekerabatan Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L) Generasi M2. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 5(1): 46-58.
- Bagus, Ida. Made Artadana, & Wina Sian Sari (2018). *Dasar-Dasar Genetika Mendel Dan Pengembangannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Baihaki, A. (2000). *Teknik Rancangan dan Analisis Penelitian Pemuliaan*. Universitas Padjajaran: Bandung. 91 hlm.
- BB Biogen (2011). Pemanfaatan Sinar Radiasi dalam Pemuliaan Tanaman. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 3 (1).
- BPS NTB (2022). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Hasil KSA 2018-2020. <https://ntb.bps.go.id/indicator/53/334/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-hasil-ksa.html> (Diakses tanggal 21 Februari 2022)
- Carsono N., (2008) Peran Pemuliaan Tanaman dalam Meningkatkan Produksi Pertanian di Indonesia (The Role of Plant Breeding in Increasing Agricultural Production in Indonesia) [Internet] Available from: http://pustaka.unpad.ac.id/wpcontent/uploads/2009/08/peran_pemuliaan_tanaman.pdf [Cited: 1 Maret 2021]
- Carsono, N., Rangi Eldikara, Santika Sari, Farida Damayanti, & Meddy Rachmadi. (2014). Pola Segregasi Pewarisan Sifat Butir Kapur dan Kandungan Amilosa Beras pada Generasi F Beberapa Hasil Persilangan Padi (*Oryza sativa* L.). Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Bandung. *Chimica et Natura Acta*, 2 (2):131-136.
- Eka Fadhila Putri (2018). *Pola Segregasi Sifat Kualitatif Dan Kuantitatif Generasi Ketiga (F3) Padi Beras Merah (Oryza Sativa L.) Pada Sistem Tana Berbeda*. Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram.
- Hartati, Sri *et al.*, (2013). Pola Segregasi Karakter Agronomi Tanaman Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Generasi F2 Hasil Persilangan Wilis X B3570. *J. Agrotek Tropika*. 1 (1): 8 – 13.
- Heryana, Ade. (2020). *Uji Chi-Square*. Prodi Kesehatan Masyarakat FIKES Univ. Esa Unggul.
- Hutasoit, R., E. Romjali, A. Tarigan, J. Sirait, S. P. Ginting & M. K. Harahap, (2022). The effect of gamma ray irradiation on the growth, production and quality of *Indigofera zollingeriana* to support the development of forage crops. The 5th International Conference on Agriculture, Environment, and Food Security (doi:10.1088/1755-1315/977/1/012139).
- Laras Estri Arumingtyas (2016). *Genetika Mendel Prinsip Dasar Pemahaman Ilmu Genetika*. UB Press. Malang.
- Nugroho, W. P., Maimun Barmawi, & Nyimas Sa'diyah. (2013). Pola Segregasi Sifat Agronomi Tanaman Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) Generasi F2 Hasil Persilangan Yellow Bean dan Taichung. Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*. Vol. 1 (1): 38 – 44.

- Nur Riska Oktaviyanti (2018). Pola Segregasi Pada Beberapa Karakter Tanaman Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.) Generasi F2 Hasil Persilangan HC48 Dan SM004. *Skrisi FAPERTA Universitas Brawijaya*. Malang.
- Sa'diyah, N., S. Ardiansyah & M. Barmawi. (2013). Pola Segregasi Karakter Agronomi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) generasi F2 hasil persilangan Wilis X Malang 2521. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Sari, L.W., N. Nugrahaeni, Kuswanto, & N. Basuki. (2013). Interaksi Genotipe x Lingkungan Galur-Galur Harapan Kedelai (*Glycine max* (L)). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(5): 434-441.
- Sitepu M, Rosmayati, & Bangun M K (2015). Persilangan genotipe-genotipe kedelai (*Glycine max* L. Merrill.) hasil seleksi pada tanah salin dengan tetua betina varietas anjasmoro (Crossing of genotypes soybean (*Glycine max* L. Merrill) selection results on the land of salinity with Anjasmoro varieties as female parent) *J. Online Agroekoteknologi* 3(1) pp 257-63
- Sudharmawan A. A. K. & Muliarta I. G. P. (2013). Perakitan Galur Harapan Padi Beras Merah Tipe Ideal Melalui Seleksi Pedigree. *Laporan Penelitian Strategi Nasional*.45 h.
- Sudharmawan, A. A. K. (2009). Kajian Tindak Gen Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan pada Akar Padi Beras Merah. [Disertasi, unpublished]. Program Pasca Sarjana Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Indonesia.
- Sudharmawan, A. A. K., Aryana, I. M., & Jusmiati, J. (2019). Distribusi dan Pola Segregasi Karakter Kuantitatif F2 Persilangan Padi Situ Patenggang dengan IPB 3S. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 5(2), 105-111.
- Suliartini NWS, W. Wangiyana, IGPM Aryana, & AAK Sudharmawan (2020). Radiosensitivity and Seedling Growth of Several Genotypes of Paddy Rice Mutants Irradiated with Gamma Rays at Different Doses. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food science (IJHAF)*. 4 (6): 242-247.
- Togatorop E R, Syarifah I A, & Rizal M D, (2016). Pengaruh mutasi fisik iradiasi gama terhadap keragaman genetik dan penampilan *Coleus blumei* [Effect of physical mutation of gamma irradiation on genetic diversity and appearance of *Coleus blumei*] *J. Hort. Indonesia* 7(3) pp 187- 94.
- Yuniawati, Marina, & Maryono (2019). Analisis Genetik dan Seleksi Segregan Transgresif pada Populasi F2 Sorgum Hasil Persilangan B69 × Numbu dan B69 × Kawali. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 47(2):163-170.
- Zulman, M. & Hajra Utama (2015). *Budidaya Padi Pada Lahan Marginal*. Kiat Meningkatkan Produksi Padi. CV Andi Offset. Yogyakarta.