

Keragaman Populasi Bersegregasi M2 Padi Merah (*Oryza sativa* L.) Genotipe G16 Hasil Iradiasi Sinar Gamma 200gy Dan 300gy

Diversity of M2 Red Rice Segregated Population (*oryza sativa*L.) Genotype G16 Results from 200gy and 300gy Gamma Ray Irradiation

Sofian Aji Purnama¹, A A K Sudharmawan², I G P Muliarta Aryana²

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

Koresponden : sofianaji815@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the pattern of segregation and diversity of red rice populations 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 cropping pattern *single plant*. Data distribution was tested using the Kolmogorov-Smirnov test *software* SPSS 25 and test the suitability of the segregation ratio using the Chi-Square Test with a significant level of 5% and 5% T-test. The results of this study show that the distribution of data is normally distributed, meaning that it is controlled by many genes *polygenic*, the distribution of the data is not normal, indicating that this property is controlled by *simplegenic*. Quantitative traits that follow the Mendelian ratio show a segregation ratio of 9 : 7 where these traits are controlled by two recessive homozygous genes that are epistatic to the dominant allele (double recessive epistasis). For traits that do not follow Mendel's ratios or their modifications, it is assumed that these traits are produced by many genes so that the individual effects are difficult to distinguish. Quantitative trait T-test between mutant plant characters at doses of 200 Gy and 300 Gy showed genetic diversity only in plant height characters.

Keywords: Mutation, Diversity, Segregation, Mendel, Epistasis.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola segregasi dan keragaman populasi padi beras merah akibat iradiasi sinar gamma dengan dosis 200 Gy dan 300 Gy. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2021 dengan pola tanam *single plant*. Distribusi data diuji dengan uji Kolmogorov-Smirnov menggunakan *software* SPSS 25 dan uji kesesuaian nisbah segregasi menggunakan Uji Chi-Kuadrat taraf nyata 5% dan uji T-test 5%. Hasil penelitian yang menunjukkan sebaran data berdistribusi normal berarti dikendalikan oleh banyak gen *polygenic*, sebaran datanya berdistribusi tidak normal menandakan sifat tersebut dikendalikan oleh *simplegenic*. Sifat kuantitatif yang mengikuti nisbah Mendel menunjukkan rasio segregasi 9 : 7 dimana sifat-sifat tersebut dikendalikan oleh dua gen homozigot resesif yang bersifat epistasis terhadap alel dominan (epistasis resesif ganda). Untuk sifat yang tidak mengikuti rasio Mendel maupun modifikasinya diasumsikan sifat tersebut dihasilkan oleh banyak gen sehingga pengaruhnya secara individu sulit dibedakan. Uji T-test sifat kuantitatif antara karakter tanaman mutan dosis 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan keragaman genetik hanya pada karakter tinggi tanaman.

Kata Kunci: Mutasi, Keragaman, Segregasi, Mendel, Epistasis.

**Keragaman Populasi Bersegregasi M2 Padi Merah
(*Oryza sativa* L.) Genotype G16 Hasil Iradiasi Sinar
Gamma 200gy Dan 300gy**

**Diversity of M2 Red Rice Segregated Population (*oryza
sativa*L.) Genotype G16 Results from 200gy and 300gy
Gamma Ray Irradiation**

ABSTRACT

This study aims to determine the pattern of segregation and diversity of red rice populations 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 cropping pattern *single plant*. Data distribution was tested using the Kolmogorov-Smirnov test *software* SPSS 25 and test the suitability of the segregation ratio using the Chi-Square Test with a significant level of 5% and 5% T-test. The results of this study show that the distribution of data is normally distributed, meaning that it is controlled by many genes *polygenic*, the distribution of the data is not normal, indicating that this property is controlled by *simplegenic*. Quantitative traits that follow the Mendelian ratio show a segregation ratio of 9 : 7 where these traits are controlled by two recessive homozygous genes that are epistatic to the dominant allele (double recessive epistasis). For traits that do not follow Mendel's ratios or their modifications, it is assumed that these traits are produced by many genes so that the individual effects are difficult to distinguish. Quantitative trait T-test between mutant plant characters at doses of 200 Gy and 300 Gy showed genetic diversity only in plant height characters.

Keywords: Mutation, Diversity, Segregation, Mendel, Epistasis.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola segregasi dan keragaman populasi padi beras merah akibat iradiasi sinar gamma dengan dosis 200 Gy dan 300 Gy. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2021 dengan pola tanam *single plant*. Distribusi data diuji dengan uji Kolmogorov-Smirnov menggunakan *software* SPSS 25 dan uji kesesuaian nisbah segregasi menggunakan Uji Chi-Kuadrat taraf nyata 5% dan uji T-test 5%. Hasil penelitian yang menunjukkan sebaran data berdistribusi normal berarti dikendalikan oleh banyak gen *polygenic*, sebaran datanya berdistribusi tidak normal menandakan sifat tersebut dikendalikan oleh *simplegenic*. Sifat kuantitatif yang mengikuti nisbah Mendel menunjukkan rasio segregasi 9 : 7 dimana sifat-sifat tersebut dikendalikan oleh dua gen homozigot resesif yang bersifat epistasis terhadap alel dominan (epistasis resesif ganda). Untuk sifat yang tidak mengikuti rasio Mendel maupun modifikasinya diasumsikan sifat tersebut dihasilkan oleh banyak gen sehingga pengaruhnya secara individu sulit dibedakan. Uji T-test sifat kuantitatif antara karakter tanaman mutan dosis 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan keragaman genetik hanya pada karakter tinggi tanaman.

Kata Kunci: Mutasi, Keragaman, Segregasi, Mendel, Epistasis.

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman penghasil beras yang menjadi bahan pangan pokok bagi separuh penduduk dunia dan hampir seluruh penduduk Indonesia mengkonsumsi beras

sebagai sumber karbohidrat. Dikarenakan keberadaan beras mempengaruhi hajat hidup orang banyak (Zulman, 2015). Menurut BPS Nusa Tenggara Barat (2020). Pada tahun 2019 produksi padi mencapai 1.402.182 ton, dan produksi padi pada tahun 2020 mencapai 1.309.795 ton, penurunan produksi padi sejalan dengan berkurangnya luas area tanam padi setiap tahunnya.

Pemuliaan mutasi dapat digunakan untuk memperoleh varietas unggul dengan memperbaiki sifat yang diinginkan, tanpa mengubah sebagian besar sifat baiknya (BB Biogen, 2011). Dalam upaya meningkatkan keragaman genetik dan nilai komersial padi beras merah Galur 16 (G16), 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 dkk. (2020), bahwa iradiasi sinar gamma ditujukan untuk memperoleh populasi dasar yang memiliki tingkat keragaman genetik tinggi, selanjutnya diseleksi melalui program pemuliaan.

Sudharmawan (2019), dalam penelitiannya memaparkan bahwa salah satu upaya untuk melihat keragaman genetik secara sederhana dapat dilakukan dengan mengamati pola segregasi pada sifat kualitatif dan kuantitatif. Adanya keragaman genetik yang luas memberikan peluang bagi pemulia tanaman untuk melakukan

seleksi. Karena itu dilakukan penelitian mengenai “Keragaman Populasi Bersegregasi M2 Padi Merah (*Oryza sativa* L.) Genotipe G16 Hasil Iradiasi Sinar Gamma 200gy Dan 300gy” untuk mengetahui pola segregasi sifat pada tanaman mutan padi beras merah G16.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Percobaan

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

Alat dan Bahan Percobaan

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 antara 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 data dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov menggunakan *software* SPSS 25. Selanjutnya diuji kesesuaian nisbah Mendel menggunakan metode Uji Chi-Square taraf nyata 5% dan uji T-test 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampilan suatu tanaman ditentukan oleh faktor genetik, lingkungan, dan interaksi antar keduanya. Mutasi gen dapat menghasilkan genotipe baru melalui segregasi alel sehingga terbentuk fenotipe baru dalam satu populasi (Reece dkk, 2011).

Tabel 1. Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov Karakter Kuantitatif Padi Beras Merah Hasil Iradiasi 200 Gy dan 300Gy.

Karakter	Dosis Radiasi	Nilai Signifikansi	Ket.
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	0,000	Tidak Normal
Total anakan produktif	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Panjang malai	200 gy	0,002	Tidak Normal
	300 gy	0,000	Tidak Normal
Jumlah gabah berisi per malai	200 gy	0,000	Tidak Normal
	300 gy	0,023	Tidak Normal
Jumlah gabah hampa permalai	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	0,005	Tidak Normal
	300 gy	0,007	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	0,200	Normal
	300 gy	0,006	Tidak Normal

Hasil uji normalitas pada karakter kuantitatif yang terdistribusi secara normal merupakan karakter yang dikendalikan oleh banyak gen dan sebaran data yang tidak terdistribusi secara normal dikendalikan oleh sedikit gen (Hartati dkk, 2013). Penelitian Sudharmawan dkk. (2013), jika sebaran data tidak normal maka

perlu dilakukan uji Chi-Kuadrat untuk mengetahui kesesuaian nisbah mendel yang tepat.

Tabel 2. Hasil Uji Chi Kuadrat Karakter Kuantitatif Padi Beras Merah Hasil Iradiasi 200 Gy dan 300Gy.

Karakter	Dosis Radiasi	Nisbah Segregasi	χ^2_{hitung}	$\chi^2_{5\%}$
Tinggi tanaman	200 gy	9 : 7	0,042 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	2,373 ^{tn}	3,841
Umur berbunga	200 gy	-	-	-
	300 gy	-	-	-
Jumlah anakan total	200 gy	-	-	-
	300 gy	9 : 7	0,716 ^{tn}	3,841
Total anakan produktif	200 gy	9 : 7	0,301 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	1,964 ^{tn}	3,841
Panjang malai	200 gy	9 : 7	1,444 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	0,936 ^{tn}	3,841
Jumlah gabah berisi per malai	200 gy	9 : 7	1,854 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	2,820 ^{tn}	3,841
Jumlah gabah hampa per malai	200 gy	9 : 7	0,010 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	0,063 ^{tn}	3,841
Berat 100 butir	200 gy	9 : 7	0,101 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	0,077 ^{tn}	3,841
Berat gabah berisi per rumpun	200 gy	9 : 7	1,550 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	1,263 ^{tn}	3,841
Berat gabah hampa per rumpun	200 gy	9 : 7	0,609 ^{tn}	3,841
	300 gy	9 : 7	2,373 ^{tn}	3,841
Berat gabah per rumpun	200 gy	-	-	-
	300 gy	9 : 7	2,176 ^{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

Hasil Chi-Kuadrat untuk penyesuaian nisbah Mendel menunjukkan bahwa sifat tinggi tanaman, total anakan produktif,

panjang malai, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat 100 butir, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah hampa per rumpun, pada mutan M2 hasil iradiasi sinar gamma 200 dan 300 Gy, mengikuti nisbah segregasi Mendel 9 : 7 yang berarti bahwa adanya dua gen yang dominasi secara lengkap dimana ketika salah satu gen tersebut homozigot resesif maka gen itu akan menutupi sifat yang lain atau dikategorikan sebagai epistasis resesif ganda. Dalam penelitian Sa'diyah dkk. (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 bersifat epistasis terhadap alel dominan. Peristiwa epistasis juga dijelaskan oleh Yuniawati dkk. (2019), epistasis merupakan interaksi antara dua gen atau lebih dari lokus yang berbeda dalam membentuk suatu fenotipe.

Sifat jumlah anakan total, dan berat gabah per rumpun menunjukkan hasil kesesuaian nisbah Mendel dengan rasio fenotipe 9:7 pada dosis radiasi 300 gy, yang berarti bahwa sifat tersebut dihasilkan oleh dua gen yang dominasi secara lengkap dimana ketika salah satu gen tersebut homozigot resesif maka gen itu akan menutupi sifat yang lain atau disebut sebagai epistasis resesif ganda. Menurut Pranoto dkk. (2022), karakter anakan total dari hasil persilangan padi Kambang/Pandan Ungu/Ciherang diperoleh pola

segregasi mendel dengan nisbah segregasi yaitu 9 :7 dimana fenotipe yang sama dihasilkan oleh dua genotipe homozigot resesif, dimana dua gen resesif bersifat epistasis terhadap alel dominan. Wulandari dkk. (2020), juga menjelaskan bahwa mutasi menyebabkan terjadinya perubahan morfologi tanaman kacang tunggak yang berbeda dengan *wild type*, pada generasi kedua sudah terjadi segregasi pada lokus yang mengalami mutasi sehingga peluang munculnya karakter baru semakin besar.

Menurut Alfi dkk. (2014), Perbaikan genetik melalui induksi mutasi memiliki sebaran pola segregasi yang sama dengan pola segregasi Mendel, dalam invensinya yang berkaitan dengan segregasi alel mutan genjah, menunjukkan bahwa segregasi sifat terjadi akibat termutasinya gen yang mengontrol sifat kuantitatif. Hal ini membuktikan bahwa sifat kuantitatif pada mutan terjadi akibat termutasinya satu atau lebih alel dominan pada populasi M2 yang mengarah pada sifat resesif.

Sifat yang tidak mengikuti nisbah Mendel

Sifat umur berbunga dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy, jumlah anakan total, berat gabah per rumpun dosis 200Gy tidak mengikuti nisbah Mendel maupun modifikasinya, hal ini di asumsikan bahwa sifat-sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen.

Menurut Baihaki (2000), pada sifat kuantitatif masing-masing gen mempunyai kontribusi kecil dalam pewarisan suatu sifat, sehingga efek-efek individunya tidak bisa dideteksi oleh metode Mendel. Ketidaksesuaian nisbah segregasi yang tidak mengikuti pola mendel juga disebabkan karena lebih dari dua gen yang mengendalikan sifat – sifat tersebut (Sudharmawan, 2009).

Perbedaan hasil antara sifat yang mengikuti pola Mendel dan tidak mengikuti rasio Mendel maupun modifikasinya diduga karena perbedaan dosis radiasi yang diberikan dan pengaruh lingkungan. Menurut Sari dkk. (2013), kegagalan suatu genotipe memberikan respon yang sama dengan genotipe lain pada dua atau lebih lingkungan yang berbeda merupakan suatu indikasi terjadinya interaksi antara genotipe dengan lingkungan.

Hasil Uji T-test Sampel Tidak Berpasangan

Keragaman karakter kuantitatif yang ditemukan pada populasi M2 padi beras merah G16 hasil mutasi merupakan ekspresi dari gen-gen aditif yang dipengaruhi oleh lingkungan.

Tabel 3. Hasil Uji T-test tidak berpasangan pada taraf nyata 5%

Parameter pengamatan	t-Hitung	t-Tabel 5%	Notasi
Tinggi Tanaman	7,555	1,966	S
Umur Berbunga	-0,168	1,966	NS
Total Anakan	-7,416	1,966	NS
Total Anakan Produktif	-5,470	1,966	NS
Rerata Panjang Malai	1,732	1,966	NS
Jumlah Gabah Per Malai	1,949	1,966	NS
Jumlah Gabah Hampa Per Malai	-2,433	1,966	NS
Berat 100 Butir	0,164	1,966	NS
Berat Gabah Berisi Per Rumpun	-4,320	1,966	NS
Berat Gabah Hampa Per Rumpun	-3,252	1,966	NS
Berat Gabah Per Rumpun	-4,817	1,966	NS

Keterangan: S (Signifikan) dan NS (Tidak Signifikan)

Sifat tinggi tanaman dari hasil Uji T pada sampel tidak berpasangan Tabel 4.3, menunjukkan hasil yang signifikan yaitu adanya perbedaan karakter tinggi tanaman yang berbeda nyata antara mutan 200 Gy dengan 300 Gy, hal ini menunjukkan bahwa dari karakter tinggi tanaman hasil radiasi sinar gamma layak untuk ditanam pada generasi selanjutnya, oleh sebab adanya keragaman

genetik yang nyata terhadap kenampakan fenotipe. Dalam penelitian Nandariyah dkk. (2019), memaparkan bahwa berdasarkan analisis uji T menunjukkan keseluruhan tinggi tanaman M3 berbeda nyata terhadap kontrol hal tersebut menandakan adanya variabilitas genetik tanaman sebagai respon dari mutasi gen yang disebabkan oleh radiasi sinar gamma.

Karakter umur berbunga, total anakan, total anakan produktif, Rerata panjang Malai, jumlah gabah per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat 100 butir, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah hampa per rumpun, berat gabah per rumpun padi beras merah hasil induksi sinar gamma menunjukkan hasil yang tidak signifikan berdasarkan hasil Uji T pada Tabel 3 yang menandakan bahwa tidak ada keragaman genetik ataupun perbedaan karakter fenotipe yang nyata antara mutan 200 Gy dengan 300 Gy padi beras merah hasil mutasi iradiasi sinar gamma. Pada sifat yang tidak berbeda nyata diasumsikan bahwa sifat tersebut tidak layak untuk dijadikan sebagai bahan tanam pada generasi selanjutnya, tetapi dilihat dari sebaran data menunjukkan adanya keragaman genetik sehingga untuk kepentingan seleksi dapat dilakukan pada generasi selanjutnya. Penelitian Suliartini dkk. (2020), induksi dengan iradiasi sinar gamma bertujuan untuk menghasilkan populasi dasar dengan tingkat keragaman genetik yang tinggi yang

selanjutnya akan diseleksi melalui program pemuliaan lebih lanjut. Mutan yang dihasilkan setelah melalui serangkaian seleksi dapat segera dilepas sebagai varietas unggul atau sebagai tetua silang pada program pemuliaan selanjutnya.

Berdasarkan uraian diatas keragaman genetik terjadi akibat segregasi sebagai respon dari mutasi gen yakni radiasi sinar gamma sehingga terjadi perubahan alel, atau munculnya alel baru, adanya segregasi pada generasi M2 padi beras merah dosis radiasi 200 Gy dan 300 Gy perlu dievaluasi untuk generasi selanjutnya guna kepentingan seleksi.

KESIMPULAN

dari hasil dan pembahasan tersebut, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola segregasi yang mengikuti nisbah Mendel adalah sifat tinggi tanaman dan total anakan produktif, panjang malai, jumlah gabah berisi per malai, jumlah gabah hampa per malai, berat 100 butir, berat gabah berisi per rumpun, berat gabah hampa per rumpun dosis 200 Gy dan 300 Gy, sifat total anakan, berat gabah per rumpun dosis 300 Gy.

2. Perbandingan antara karakter tanaman mutan dosis 200 Gy dan 300 Gy menunjukkan keragaman genetik hanya pada karakter tinggi tanaman.

SARAN

Keragaman genetik pada generasi M2 sangat tinggi akibat segregasi sebagai respon dari mutasi gen yakni iradiasi sinar gamma sehingga terjadi perubahan alel atau munculnya alel baru. Maka dari itu untuk proses seleksi akan lebih efektif bila dilakukan pada generasi lanjut dengan mengidentifikasi mutasi yang tampak secara fenotipe.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara akademis, moral, maupun material sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfi, H., Hardaningsih W., Sondang Y., Muzakkir., Warman B., Sobrizal, dan Suliansyah I. 2014. Seleksi dan Pola Segregasi Alel Mutan Genjah Hasil Iradiasi Varietas Lokal Sumatera Barat “Anak Daro”. *Prosiding Seminar Nasional PERIPI Komda Riau*. 102-107.
- Wulandari, Y.A., Sobir., Aisyah S.I. 2020. Analisis Keragaman dan Kekekabatan Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* L) Generasi M2. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 5(1) : 46-58.
- Baihaki, A. 2000. *Teknik Rancangan dan Analisis Penelitian Pemuliaan*. Universitas Padjadjaran : 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).
- Hartati, S., Barmawi M., Sa'diyah N. 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.
- Nandariyah., Purwanto E., Sutarno., Nugraheni M.F. 2019. Seleksi Padi Hitam Mutan Batang Pendek Generasi M3 Iradiasi Sinar Gamma 300 Gy. *Prosiding Balai Besar Penelitian Tanaman Padi*.
- Pranoto, Hadi. Sulichantini E.D., Arianti R.R. 2022. Keragaman Galur F3 Hasil Silang Puncak Kambang/Pandan Ungu//Ciherang Berdasarkan Karakter Agronomi pada Lahan Sawah Pasang Surut Di Desa Sidomulyo Kecamatan Anggana. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 4 (2) : 81-87.
- Reece, J.B, L.A. Urry, M.L. Cain, S.A. Wasserman, V. M. Petter. 2011. *Campbell Biology 9th Edition*. Amazon. New York.
- Sa'diyah, N., Ardiansyah S., Barmawi M. 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., Nugrahaeni N., Kuswanto, Basuki N. 2013. Interaksi Genotipe x Lingkungan Galur-Galur Harapan Kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(5) : 434-441.
- Sudharmawan A. A.K., Aryana I.G.P.M. 2013. Perakitan Galur Harapan Padi Beras Merah Tipe Ideal Melalui Seleksi Pedigree. *Laporan Penelitian Strategi Nasional*. 45h.
- Sudharmawan, A. A. K. 2009. Kajian Tindak Gen Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan pada Akar Padi Beras Merah. *Disertas*. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.
- Sudharmawan A.A.K., Aryana I.G.P.M., Jusmiati. 2019. Distribusi dan Pola Segregasi Karakter Kuantitatif F2 Persilangan Padi Situ Patenggang dengan IPB 3S. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*. 5 (2): 105-111.
- Suliantini NWS., Wangiyana W., 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. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food science(IJHAF)*. 4 (6): 242-247.
- 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.