

INDUKSI MUTASI PADA TANAMAN PEDADA (*Sonneratia caseolaris*) MELALUI IRADIASI SINAR GAMMA

Diterima:
23 Mei 2025

Revisi:
19 Mei 2025

Terbit:
24 Mei 2025

¹Kamsia Dorliana Sitanggang, ²Raisman Akmal Nasution, ³Siti Hartati Yusida Saragih

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Labuhanbatu, Payakumbuh, Indonesia

E-mail: ¹kamsiasitanggang@gmail.com, ²raisnst28643@gmail.com,
³yusida90.shys@gmail.com

ABSTRAK

Pedada merupakan salah satu tanaman yang belum banyak di eksplorasi masyarakat. Buah pedada banyak ditemukan di hutan mangrove Indonesia. Buah pedada dapat dikonsumsi dalam bentuk buah segar dan dijadikan minuman olahan seperti syrup. Salah satu teknik yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat Pedada adalah dengan iradiasi sinar gamma. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pertumbuhan tanaman pedada hasil iradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 Gray. Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan 1 taraf pelakuan yaitu dosis iradiasi sinar gamma dimana setiap perlakuan diulang 3 kali, dan setiap ulangan terdiri dari 3 tanaman sehingga terdapat 54 tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kematian (lethal) tertinggi terdapat pada dosis 20 dan 30 Gray yaitu sebesar 30%. Untuk parameter tinggi tanaman, dapat dilihat bahwa tinggi tanaman kontrol berbeda nyata dengan perlakuan iradiasi 20, 40, 60 dan 100 Gray. Pada pengamatan jumlah daun, dapat diamati bahwa jumlah daun tanaman kontrol berbeda nyata dengan jumlah daun yang diberi perlakuan iradiasi 40 Gray, sedangkan untuk parameter diameter batang berbeda nyata antara tanaman kontrol dengan perlakuan iradiasi 70 dan 100 Gray. Tanaman pedada yang telah di iradiasi sinar gamma juga mengalami perubahan fenotip yang ditandai dengan adanya perubahan fisik pada tanaman.

Kata kunci: Induksi mutasi, keragaman, *Sonneratia caseolaris*

ABSTRACT

Pedada is a plant has not been explore by many people. Pedada fruit can be found in Indonesian mangrove forest. The fresh fruit of Pedada can be eat and also made into processed drinks such as syrup. One technique that can be used to improve the properties of Pedada is gamma ray irradiation. This research aim to observe the growth of pedada plant resulting from gamma ray irradiation with doses of 0,20,40,60,80 and 100 Gray. This experiment used non-factorial randomized block design with 1 treatment is gamma ray irradiation. Each of dose gamma ray irradiation was repeated 3 times, and each replication consisted of 3 plants so there were 54 plants. The results of this study showed that the highest death (30%) rate was doses of 20 and 30 Gray. For The height parameter, we can seen that control plantd is significantly different from 20,40,60 and 100 gray irradiation. The number of leaves also we can seen control is sifnificantly different with 40 gray irradiation. The stem diameter parameter also significantly different between control and 70 and 100 gray. Phenotypic cahaterized of Pedada also changes by irradiation gamma ray with doses 20,40,60 80 and 100 gray.

Kata kunci: Diversity, Mutation induction, *Sonneratia caseolaris*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hutan *mangrove* yang sangat luas dimana terdapat kekayaan hayati yang sangat beragam. Salah satu tanaman mangrove yang belum banyak di eksplorasi masyarakat adalah Pedada (*Sonneratia caseolaris*). Buah pedada memiliki bentuk bulat, ujung bertangkai dan bagian dasarnya terbungkus kelopak bunga. Pemanfaatan buah pedada masih jarang dilakukan karena belum banyak dikenal oleh masyarakat. Buah pedada yang sudah matang memiliki rasa yang asam dan aroma yang menarik serta kaya akan kandungan serat, mineral, dan makronutrien (Siswanto, E, et al., 2024). Buah pedada dapat dikonsumsi dalam bentuk buah fresh dan dapat dijadikan sebagai pembuatan sirup (Rajis et al., 2017), pembuatan selai (Rusmina et al., 2023), dan bahan baku pembuatan tempe (Fatima & Pitasi, 2016). Buah pedada memiliki kandungan flavonoid, saponin, karotenoid, dan steroid yang bermanfaat bagi kesehatan manusia (Astuti et al., 2021).

Salah satu teknik yang sudah banyak dan berhasil dilakukan untuk meningkatkan keragaman tanaman adalah melalui teknik iradiasi sinar gamma. Iradiasi sinar gamma merupakan salah satu mutagen fisik yang dapat menginduksi terjadinya mutasi. Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada bahan genetik (DNA maupun RNA), baik pada taraf urutan gen maupun pada taraf kromosom yang berakibat terjadinya perubahan fenotipe dan sifat yang diwariskan pada turunannya. Keberhasilan iradiasi untuk meningkatkan keragaman populasi sangat ditentukan oleh radio sensitivitas genotipe yang diiradiasi. Tingkat sensitivitas tanaman sangat bervariasi. Radio sensitivitas dapat diukur berdasarkan nilai LD₅₀ (*lethal dose 50*) yaitu dosis yang menyebabkan kematian 50% populasi tanaman. Dalam induksi mutasi, beberapa studi menunjukkan bahwa dosis optimum yang dapat menghasilkan mutan terbanyak biasanya terjadi di sekitar LD₅₀. Selain Dengan LD₅₀, radio sensitivitas juga dapat diamati dari adanya hambatan pertumbuhan atau letalitas, mutasi somatik, patahan kromosom, serta jumlah dan ukuran kromosom. Salah satu keberhasilan iradiasi sinar gamma dalam menginduksi mutan adalah mutan tanaman krisan dengan warna-warna baru.

Penelitian ini bertujuan untuk menginduksi terjadinya mutasi pada tanaman pedada yang telah diberi perlakuan iradiasi sinar gamma.

BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji dari buah pedada (*Sonneratia caseolaris*) yang diambil dari desa Teluk Sentosa kecamatan Panai Hulu. Biji pedada dikirimkan ke BATAN- Jakarta untuk diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dengan taraf 20, 40, 60, 80, dan 100 Gray. Bahan tambahan lainnya adalah polybag ukuran 25×25 cm, pot tray, kertas label, pupuk kandang kambing dan tanah top soil. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah jangka sorong, penggaris, kamera. Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan Sungai Sentosa kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Mei 2022. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Keompok (RAK) non faktorial dengan 1 taraf perlakuan yaitu dosis iradiasi sinar gamma, dimana setiap perlakuan diulang 3 kali. Setiap ulangan terdiri dari 3 tanaman. Jumlah seluruh tanaman yang diamati sebanyak 54 tanaman.

Model rancangan yang digunakan yaitu :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = nilai peubah pengamatan pada perlakuan ke-i ulangan ke-j

μ = nilai tengah populasi

α_i = peubah perlakuan ke-i { i = jumlah perlakuan (0,20,40,60,80 dan100)

ϵ_{ij} = pengaruh galat percobaan genotype ke-i ulangan ke-j { j = ulangan (1,2,3,...10)

pengujian data terhadap pengaruh perlakuan pengamatan dilakukan dengan menggunakan Analisis Ragam (*Analysis Of Variance*) Jika hasilnya berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut Duncan (*Duncan Multiple Range Test/DMRT*) pada taraf 5%.

Parameter yang diamati adalah Persentasi Daya Tumbuh (%), Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Daun (helai), Diameter batang (mm), Perubahan Keragaan Fenotipe.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Daya Kecambah

Penghitungan daya tumbuh dilakukan dengan menghitung persentase benih pedada yang tumbuh dan yang mati. Tabel 1 memperlihatkan bahwa persentase hidup tertinggi yaitu biji yang tidak diberi perlakuan iradiasi (kontrol) sebesar 80%. Tingkat kematian biji 20% pada kontrol kemungkinan disebabkan media tanam yang tidak sesuai dengan habitat aslinya yaitu hutan mangrove. Pedada merupakan salah satu tanaman mangrove yang mempunyai habitat asli di tepi sungai yang terkena dampak dari peningkatan air laut, sementara penelitian ini menggunakan media tanam tanah top soil yang dicampurkan dengan pupuk kandang (Gambar 1). Biji pedada yang diberikan perlakuan iradiasi mengalami penurunan kemampuan untuk bertahan hidup dibandingkan biji yang tidak diiradiasi. Persentase hidup terendah yaitu biji yang diberi perlakuan iradiasi 80 gray dengan tingkat persentase hidup sebesar 50%, sedangkan biji yang diradiasi 60 dan 100 Gray menunjukkan tingkat kematian yang sama yaitu 40%, dan dosis 20 dan 40 Gray menunjukkan tingkat kematian terendah yaitu 30%. Iradiasi merupakan faktor yang dapat menyebabkan kematian pada tanaman, namun bersifat acak sehingga tingkat kematian tanaman dapat berbeda juga. Terdapat pola suatu kisaran dosis yang dapat digunakan untuk meningkatkan keragaman genetik suatu tanaman(Wulandari et al., 2022)

Tabel 1. Persentase tanaman hidup pada umur 8 MST

| Dosis Iradiasi Sinar Gamma (Gy) | Persentase Tanaman Hidup | Persentase Mati (%) |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 0 | 80 | 20 |
| 20 | 70 | 30 |
| 40 | 70 | 30 |
| 60 | 60 | 40 |
| 80 | 50 | 50 |
| 100 | 60 | 40 |



Gambar 1. Perkecambahan Pedada dengan berbagai dosis iradiasi

Tingginya tingkat kematian pada dosis 80 Gy disebabkan oleh matinya sel yang terkena paparan iradiasi sinar gamma. Hal ini sesuai dengan penelitian iradiasi sinar gamma pada rimpang kunyit, dimana iradiasi dosis diabawah atau diatas 40 gray menyebabkan tingginya tanaman yang mati sedangkan dosis 80 gray menyebabkan tingkat kematian 100% (Rosyidah Anshori et al., 2015).

Kecepatan Tumbuh Benih

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa biji pedada yang tidak diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dengan yang di iradiasi sinar gamma 20, 40, dan 60 Gray memiliki kecepatan tumbuh yang sama dengan kontrol yaitu 4 hari setelah semai. Biji yang di iradiasi dengan dosis 80 Gray memiliki waktu tumbuh lebih lama yaitu 5 hari, dan biji yang diiradiasi dengan dosis 100 Gray memiliki waktu tumbuh lebih lama yaitu 6 hari. Iradiasi dengan dosis 20, 40, 60, 80 dan 100 gray belum mampu mempercepat waktu tumbuh biji, akan tetapi sebaliknya dosis 80 dan 100 gray memperlambat waktu tumbuh dibanding kontrol. Kecepatan tumbuh benih merupakan salah satu tolak ukur vigor atau kekuatan tumbuh. Benih yang memiliki tingkat kecepatan tumbuh yang tinggi lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang sub optimum. Vigor benih adalah kemampuan benih untuk mampu tumbuh menjadi tanaman normal, meski kondisi alam tidak mendukung pertumbuhan atau sub optimum

Tabel 2. Kecepatan Waktu Tumbuh Biji

| Hari ke- | Dosis Iradiasi (Gray) | | | | | |
|----------|-----------------------|----|----|----|----|-----|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 3 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ○ | ○ |
| 5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ○ |
| 6 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 10 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Ket: ○ Belum tumbuh
✓ = Tumbuh

Tinggi Tanaman (cm)

Hasil pengamatan pada parameter tinggi tanaman (Tabel 3) berpengaruh nyata pada minggu ke 4 setelah tanam, dimana rata-rata tinggi tanaman tertinggi yakni 8,9 cm pada perlakuan iradiasi sinar gamma pada dosis 20 Gy, dan yang terendah pada dosis 100 Gy dengan rata-rata tinggi tanaman 5,33 cm. Berbeda dengan iradiasi sinar gamma pada sorgum varietas numbu, dimana penurunan tinggi tanaman yang sangat drastis terjadi pada dosis 900 dan 1000 gray dengan rata-rata 20,1cm dan 0,6 cm, sedangkan rata-rata tinggi tanaman pada dosis 100 gray adalah 1121,9 cm . Penurunan rata-rata tinggi tanaman terjadi pada dosis 900 dan 1000 gray karena pada dosis tersebut fisik dan biologi sel mengalami banyak kerusakan. Nilai reduksi tinggi tanaman secara langsung menunjukkan perubahan fisiologis tanaman akibat mutasi radiasi (Anggraini & Astuti, 2023). Perbedaan tinggi tanaman pedada yang diradiasi pada dosis 0,20,40,60,80, dan 100 Gray dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan tinggi tanaman

| Dosis (Gy) | Tinggi Tanaman (cm) | | | |
|------------|---------------------|-------|--------|--------|
| | 1 MST | 2 MST | 3 MST | 4 MST |
| 0 | 3,97 | 4,53 | 5,17 b | 7,03 b |
| 20 | 5,03 | 5,73 | 6,90 a | 8,90 a |
| 40 | 4,73 | 5,27 | 6,17 a | 7,90 a |
| 60 | 5,50 | 5,93 | 6,60 a | 8,03 a |
| 80 | 4,10 | 4,43 | 4,80 b | 5,83 b |
| 100 | 3,10 | 4,16 | 4,47 b | 5,33 c |

Ket: Nilai yang diikuti dengan huruf yang samapada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%



Gambar 2. Perbedaan tinggi tanaman Pedada dengan berbagai perlakuan iradiasi sinar gamma

Jumlah Daun (helai)

Berdasarkan Tabel 4 dapat diamati bahwa jumlah rata-rata daun tertinggi terdapat pada biji yang diberi perlakuan iradiasi 40 gray dengan rata-rata 8 helai daun pada umur 4 MST, sedangkan jumlah daun terendah pada biji yang diiradiasi 80 gray dengan rata-rata 5 helai daun. Dari hasil uji lanjut yang dilakukan, menunjukkan perlakuan iradiasi 40 gray berpengaruh nyata terhadap kontrol dan perlakuan lain, sedangkan perlakuan 20,60, 80 dan 100 gray tidak berbeda nyata terhadap kontrol.

Tabel 4. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan jumlah daun

| Dosis (Gy) | Jumlah Daun (helai) | | | |
|------------|---------------------|-------|-------|--------|
| | 1 MST | 2 MST | 3 MST | 4 MST |
| 0 | 3,33 | 4,00 | 5,33 | 6,00 b |
| 20 | 3,33 | 3,33 | 5,33 | 6,00 b |
| 40 | 3,33 | 3,33 | 5,33 | 8,00 a |
| 60 | 3,33 | 4,00 | 4,67 | 6,67 b |
| 80 | 2,00 | 2,67 | 3,33 | 5,33 b |
| 100 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 6,00 b |

Ket: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%

Diameter Batang (mm)

Diameter batang merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diamati dalam pertumbuhan tanaman. Diameter batang merupakan salah satu indikasi adanya pertumbuhan tanaman. Pengukuran diagram batang dilakukan diakhir pengamatan yakni pada 4 minggu setelah tanam (MST). Dari hasil analisis sidik ragam menunjukkan adanya pengaruh yang nyata pada iradiasi sinar gammadosis 80 dan 100 gray terhadap kontrol. Berdasarkan Tabel 3 dapat diamati bahwa diameter batang tertinggi ialah pada dosis 40 Gy dengan rata-rata 1,93 milimeter dan yang terendah pada dosis 100 Gy 1,23 milimeter hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kontrol (0) berpengaruh nyata terhadap iradiasi sinar gamma pada dosis 80 dan 100 Gy tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap dosis 20,40 dan 60 Gy. Diameter batang mengalami penurunan ukuran dikarenakan semakin besarnya dosis iradiasi mengakibatkan terjadinya kerusakan proses fisiologi pada tanaman. Kerusakan fisiologi tanaman mengakibatkan perubahan dalam susunan jaringan tanaman dan metabolisme dalam dalam fotosintesis.

Tabel 5. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap diameter batang

| Dosis (Gy) | Diameter batang pada umur 4 MST (mm) |
|------------|--------------------------------------|
| 0 | 1,67 a |
| 20 | 1,63 a |
| 40 | 1,93 a |
| 60 | 1,60 a |
| 80 | 1,47 b |
| 100 | 1,23 b |

Ket: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf 5%

Perubahan Keragaan Fenotip

Iradiasi menyebabkan terjadinya perubahan fenotip yang ditandai dengan adanya perubahan fisik pada tanaman. Keberhasilan dalam menginduksi mutasi dapat dilihat dari keragaman tanaman dalam suatu populasi seperti pada tanaman pedada dimana terlihat perbedaan tanaman antara daun A normal, B kerdil dan C albino(Gambar 4).Dosis penirinan yang tinggi mampu mengganggu proses fisiologi tanaman yang menyebabkan rusaknya sel meristem. Perubahahan materi gen mampu mengganggu sintesis klorofil dalam proses fotosintesis sehingga tanaman mengalami defisiensi warna hijau sehingga muncul daun berwarna variegata putih (albino) dan kuning. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Warid,2017) menyatakan bahwa benih kedelai yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma menghasilkan keragaman keragaan kedelai pada generasi M1,hal tersebut terlihat dari perbedaan morfologi dari kotiledon kecambah dan daun pertama kedelai. Tanaman yanng diberi perlakuan dosis tinggi cenderung mengalami klorosis, kerdil dan menghasilkan umbi yang tidak sempurna(Kurniajati & Aisyah, 2020).



Gambar 4. Perbedaan keragaan tanaman pedada yang berbagai dosis diiradiasi sinar gamma; (A) Tanaman tumbuh Normal pada 0 Gray; (B) Tanaman tumbuh kerdil pada iradiasi 100 Gray; (C) Tanaman tumbuh albino pada iradiasi 60 GRay

KESIMPULAN

Perbedaan dosis iradiasi pada biji pedada memberikan respon pertumbuhan yang berbeda, dimana pemberian iradiasi dengan dosis 80 gray menyebabkan kematian teringgi yaitu 50%, akan tetapi dosis iradiasi 20,40,80 dan 100 gray belum mampu mempercepat waktu perkembahan dibanding kontrol. Pada pengamatan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang terdapat dosis iradiasi yang berbeda nyata terhadap kontrol. Perbedaan keragaan fenotip juga terlihat antara biji yang tidak diiradiasi (kontrol) dengan biji yang diberi perlakuan iradiasi, dimana pertumbuhan tanaman yang tidak diiradiasi tumbuh normal, sedangkan biji yang diiradiasi 100 gray tumbuh kerdil dan 60 gray terlihat albino.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, M. T., & Astuti, D. (2023). *Kisaran Dosis Optimal Iradiasi Sinar Gamma untuk Menginduksi Keragaman Genetik Sorgum Varietas Numbu*. 2(2).
- Astuti, M. D., Wulandari, M., Rosyidah, K., & Nurmasari, R. (2021). ANALISIS PROKSIMAT DAN FITOKIMIA BUAH PEDADA (*Sonneratia ovata* Back.). *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 15(2), 154. <https://doi.org/10.20527/jstk.v15i2.10728>
- Dari, D. W., Ananda, M., & Junita, D. (2020). KARAKTERISTIK KIMIA SARI BUAH PEDADA (*Sonneratia caseolaris*) SELAMA PENYIMPANAN. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(2), 189. <https://doi.org/10.25077/jtpa.24.2.189-195.2020>
- Fatisa, Y., & Pitasari, D. (2016). PEMANFAATAN BUAH PEDADA (*Sonneratia caseolaris*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN TEMPE DAN ANALISIS PROKSIMAT SERTA SIFAT ORGANOLEPTIKNYA. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 6(02), 35–43. <https://doi.org/10.37859/jp.v6i02.452>
- Insani, P. P., Anwar, S., & Karno, K. (2023). Radiosensitivitas dan Pengaruh Radiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Agroeco Science Journal*, 1(1), 11–19.
- Kurniajati, W. S., & Aisyah, S. I. (2020). PENENTUAN DOSIS IRADIASI SINAR GAMMA DALAM MENINGKATKAN KERAGAMAN UNTUK PERBAIKAN KARAKTER KUANTITATIF BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *Aggregatum*). *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 16(2), 83–90.
- Rajis, Desmelati, & Tjipto, Leksono. (2017). Pemanfaatan Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia caseolaris*) sebagai Pembuatan Sirup terhadap Penerimaan Konsumen. *JURNAL PERKANAN DAN KELAUTAN*, 22, 51–60.
- Rosyidah Anshori, Y., Iis Aisyah, S., & K Darusman, L. (2015). Induksi Mutasi Fisik dengan Iradiasi Sinar Gamma pada Kunyit (*Curcuma domestica* Val.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 5(2), 84–94. <https://doi.org/10.29244/jhi.5.2.84-94>
- Rusmina, R., Marwati, M., & Prabowo, S. (2023). Sifat kimia, daya oles dan sifat sensoris selai kombinasi buah Pedada (*Sonneratia caseolaris*) dan buah Sirsak (*Annona muricata*). *Journal of Tropical AgriFood*, 5(2), 73. <https://doi.org/10.35941/jtaf.5.2.2023.10336.73-79>
- Siswanto, E., Moeljani, IR, & Wanti Mindari. (2024). Iradiasi Sinar Gamma Kobalt 60 (60Co) untuk Peningkatan Genetik Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Edamame (*Glycine max*. (L) Merril) Generasi M2. *Jurnal Kajian Lingkungan dan Pertanian*, 5 (2), 06-23. <https://doi.org/10.32996/jeas.2024.5.2.2>
- Siswanto, E. (2024). Pengaruh dosis dan laju dosis CO60 terhadap pertumbuhan dan produksi Edamame varietas Ryoko Jember. <https://doi.org/10.55324/iss.v3i3.656>
- Wulandari, Y. A., Gustia, H., & Sudirman. (2022). INDUKSI MUTASI IRADIASI SINAR GAMMA PADA TANAMAN. *Agrosains dan Teknologi*, 7(2). <https://doi.org/10.24853/jat.7.2.99-108>