

Pemuliaan Tanaman Bayam Lokal Timor dengan Metode Radiasi Multigamma Standar

Ewilda Eriani Putri¹, Bertholomeus Pasangka², Andreas Ch. Louk³

Program Studi Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

Email korespondensi: erianiputricwilda@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pemuliaan tanaman bayam lokal Timor dengan menggunakan metode radiasi multigamma standar. Pemuliaan ini bertujuan menetapkan dan menyeleksi untuk mendapatkan dosis radiasi yang tepat pada pemuliaan tanaman hingga diperoleh varietas yang lebih unggul. Penelitian ini menggunakan metode radiasi multigamma dengan 7 perlakuan dosis yang berbeda meliputi 1) tanpa radiasi, 2) 1000 rads, 3) 1500 rads, 4) 2000 rads, 5) 2500 rads, 6) 3000 rads, 7) 3500 rads dan 8) 4000 rads. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa radiasi memberikan pengaruh terhadap tanaman dan dosis radiasi yang baik digunakan untuk pemuliaan tanaman bayam lokal Timor adalah dosis 1000 rads. Dosis radiasi dominan pada karakter sebagai berikut: waktu tumbuh tercepat pada dosis 1000 rads - 4000 rads berumur 7 hari, jumlah benih yang tumbuh terbanyak pada dosis 1000 rads yaitu 10 tanaman, jumlah helai daun terbanyak pada dosis 3500 rads 6-12 helai daun, tinggi tanaman tercepat pada dosis 1000 rads memiliki rata-rata 20,27 cm, lebar daun tertinggi pada dosis 4000 rads 7,86 cm, massa per 10 tanaman terberat pada dosis 4000 rads 109,22 gram, warna daun yang paling bagus pada dosis 1000 rads - 2000 rads berwarna hijau, dan rasa yang paling enak pada dosis 1000 rads, sedangkan semakin besar dosis radiasi rasa dari bayam semakin pahit dan sepat.

Masuk:

17 Maret 2024

Diterima:

22 Maret 2024

Diterbitkan:

23 Maret 2024

Kata kunci:

Pemuliaan, Bayam Lokal Timor, Radiasi, Multigamma

1. Pendahuluan

Bayam merupakan sayuran yang telah lama dikenal dan dibudidayakan secara luas oleh petani diseluruh wilayah Indonesia, bahkan dinegara lain. Daun bayam biasanya dimanfaatkan sebagai sayuran hijau yang dapat diolah menjadi berbagai jenis masakan. Kandungan vitamin A dalam daun bayam berguna memberikan ketahanan tubuh dalam menanggulangi berbagai penyakit. Tanaman bayam juga merupakan salah satu jenis sayuran komersial yang mudah ditemukan di setiap pasar, baik pasar tradisional maupun pasar swalayan. Harganya pun terjangkau oleh semua lapisan masyarakat. Di NTT bayam sudah dibudidayakan oleh masyarakat sebagai salah satu sumber mata pencaharian. Saat ini beberapa jenis bayam yang sudah dibudidayakan petani lokal, kebanyakan merupakan bibit bayam hibrida. Untuk bayam asli lokal Timor dalam pembudidayaan masih sangat minim sekali dikarenakan produksinya yang juga kecil dibandingkan bayam hibrida. Misalkan saja masyarakat Desa Oesao Kab. Kupang, salah satu petaninya mengungkapkan bahwa untuk bayam lokal Timor membutuhkan waktu yang lebih lama untuk panen dibandingkan bayam hibrida, dan juga sayur lokal Timor kurang diminati oleh konsumen dikarenakan batangnya yang lebih keras, daunnya yang lebih kecil dari bayam hibrida.

Benih bermutu hasil pemuliaan tanaman merupakan faktor penting untuk meningkatkan produktivitas komoditas pangan [1]. Pemuliaan merupakan ilmu pengetahuan yang dipergunakan untuk memperbaiki sifat tanaman, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, tujuannya untuk peningkatan produksi. Pemuliaan tanaman merupakan upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman melalui penggunaan benih unggul [2]. Perbaikan sifat genetik dan agronomik tanaman dapat dilakukan melalui pemuliaan. Secara konvensional, perbaikan sifat dilakukan dengan persilangan antar spesies, varietas atau kerabat yang memiliki sifat yang diinginkan [3]. Untuk tanaman yang tidak dapat diperbaiki melalui persilangan, perbaikan sifat diupayakan dengan cara melakukan mutasi induk (mutasi buatan). Peristiwa mutasi dapat menimbulkan sifat-sifat baru yang belum dimiliki oleh induknya dengan demikian manipulasi genetik dengan sinar radioaktif maupun zat kimia akan menambah sumber daya genetik tanaman sekaligus menambah bahan induk untuk persilangan [4]. Sumber keragaman seringkali tidak mampu memenuhi tujuan pemuliaan. Untuk itu, dibutuhkan metode radiasi multigama sebagai penginduksi keragaman genetik secara buatan. Upaya yang dilakukan untuk mendapatkan varietas unggul adalah melalui tahapan pemuliaan dan seleksi.

Induksi mutasi merupakan salah satu cara meningkatkan keragaman tanaman. Induksi mutasi dapat dilakukan dengan perlakuan bahan mutagen terhadap materi reproduksi yang akan dimutasi. Ada dua jenis bahan mutagen, yaitu mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen kimia pada umumnya berasal dari senyawa kimia yang memiliki gugus alkil. Sedangkan mutagen fisika merupakan radiasi nuklir seperti sinar gamma [5]. Peran utama teknologi nuklir dalam pemuliaan tanaman terkait dengan kemampuannya dalam menginduksi mutasi pada materi genetik. Kemampuan tersebut dimungkinkan karena nuklir memiliki energi yang cukup tinggi untuk menimbulkan perubahan pada struktur atau komposisi materi genetik tanaman [6]. Perubahan tersebut terjadi secara mendadak, acak, dan diwariskan pada generasi berikutnya. Ada hubungan antara kepekaan radiasi dengan kandungan DNA tiap kromosom, maka bila kandungan DNA tiap kromosom naik, kepekaan radiasi akan bertambah pula. Pengaruh mutasi akibat radiasi terhadap kehidupan pertama kali dilakukan oleh Muller pada tahun 1927 pada lalat buah yang diradiasi dengan sinar-X. Sinar-X dan lainnya dapat mempengaruhi organisme secara morfologis, fisiologis, dan genetis dan dikatakan pula bahwa efek radiasi tergantung pada jenis dosis, cara penyiraman dan keadaan bahan yang disinari bahan padat pada umumnya lebih tahan terhadap radiasi sinar pengion. Induksi mutasi dapat dilakukan pada tanaman dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap organ reproduksi tanaman seperti biji, stek batang, serbuk sari, akar rhizome dan kultur jaringan [7]

Salah satu teknik yang mampu memperbaiki mutu benih adalah menggunakan radiasi multigamma [8]. Pemuliaan tanaman dengan menggunakan radiasi multigamma sebelumnya telah diuji cobakan pada tanaman kacang tunggak lokal Malaka [8], Bawang putih lokal Timor [9], Tomat lokal [10], Sorgum local asal Niki-Niki [11] dengan penggunaan dosis radiasi antara 1000 rads sampai 4000 rads, peneliti mencoba mendapatkan dosis yang tepat untuk memperoleh varietas yang lebih unggul dibandingkan induknya. Rentang penggunaan dosis radiasi ini berdasarkan standar dosis radiasi multigamma yang dilakukan pada pemuliaan tanaman, khususnya untuk mutasi dalam biji-bijian.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian meliputi :

1. Observasi adalah langkah awal untuk pengambilan dan pemilihan sampel biji bayam lokal Timor dan penetapan lokasi penanaman.
2. Sampling adalah metode untuk memilih benih yang unggul untuk dijadikan sampel dalam penelitian. Sampling dilakukan untuk menganalisis sifat fisis dari sampel. Sampel biji bayam di masukkan kedalam plastik sebanyak 8 sampel.
3. Radiasi menggunakan detektor (multigamma). Benih atau bibit yang telah dimasukkan kedalam plastik dengan 8 sampel, 1 sampel tidak diradiasi karena dijadikan sebagai sampel kontrol sedangkan 7 lainnya diradiasi sumber multigamma dengan dosis yang divariasikan.

Adapun perlakuan yang akan diujikan pada sampel adalah:

- R_0 = 10 biji tanpa radiasi (sebagai kontrol)
- R_1 = 10 biji yang diradiasi (1000 rads)
- R_2 = 10 biji yang diradiasi (1500 rads)
- R_3 = 10 biji yang diradiasi (2000 rads)
- R_4 = 10 biji yang diradiasi (2500 rads)
- R_5 = 10 biji yang diradiasi (3000 rads)
- R_6 = 10 biji yang diradiasi (3500 rads)
- R_7 = 10 biji yang diradiasi (4000 rads)

Adapun tahap pemeliharaan tanaman bayam lokal diantaranya:

1. Persemaian

Bibit yang telah diradiasi dan tidak diradiasi disemaikan pada tempat penyemaian. Penyemaian dapat dilakukan dengan:

- a. Bibit atau benih disebar merata pada lahan yang telah disediakan, setelah berumur 7-14 hari dipindahkan pada bedengan
- b. Tanah untuk penyemaian diolah dua kali (sempurna), bersih dari rumput, gulma, sisa tanaman, kayu ataupun semak-belukar lainnya.
- c. Kemudian tanah diratakan dan digemburkan.

2. Pemupukan

Takaran pupuk untuk setiap sampel berbeda, tergantung pada tipologi lahannya. Cara pemberian pupuk dilakukan dengan cara disebar rata dipermukaan lahan, atau dilarutkan kedalam air. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan pemupukan.

3. Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dapat dilakukan dengan disemprotkan pestisida atau dengan menggoyangkan tanaman.

4. Seleksi

Seleksi bibit ini dapat dilakukan sebelum panen dan pascapanen, yaitu: Panen dapat dilakukan pada saat tanaman bayam menunjukkan tanda-tanda sebagai berikut :

- Tanaman sudah berumur 25-35 hari setelah tanam, jika tanaman sudah berumur 35 hari harus dipanen seluruhnya.
- Tinggi tanaman antara 1-20 cm dan belum berbunga.

5. Komparatif

Komparatif adalah membandingkan jenis bayam induk dengan bayam yang telah diradiasi.

6. Pengumpulan dan analisis data

Pengumpulan dan analisis data dilakukan pada keseluruhan sampel yaitunya 8 sampel dengan dosis radiasi yang diberlakukan berbeda. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran berbagai variabel jenis, tinggi tanaman, umur tanaman, jumlah daun, lebar daun dan tinggi pohon lebih unggul sebagai hasil pemuliaan dengan teknik radiasi multigamma standar.

3. Hasil dan Pembahasan

Bayam merupakan tanaman yang daunnya dimanfaatkan menjadi sayuran hijau yang dapat diolah menjadi berbagai jenis masakan. Kandungan vitamin A pada daun bayam berguna memberikan ketahanan tubuh dari berbagai penyakit. Pemuliaan dapat berperan dalam meningkatkan hasil produksi petani lokal. Pemuliaan dengan metode radiasi multigamma merupakan salah satu cara untuk mendapatkan varietas unggul dengan produksi yang tinggi bagi petani lokal. Pemuliaan untuk tanaman bayam lokal Timor dilakukan dengan iradiasi biji atau benih dengan sinar multigamma. Radiasi multigamma berperan sebagai penginduksi keragaman genetik buah tan. Tujuannya untuk mendapatkan varietas unggul melalui tahapan pemuliaan dan seleksi. Benih yang ditumbuh membutuhkan waktu 1 minggu, tetapi tidak semua benih yang ditanam tumbuh dalam waktu yang sama. Panen dapat dilakukan sebelum tanaman berbunga, umur tanaman sekitar 29-35 hari setelah tanam (hst) dan tinggi tanaman antara 1-20 cm.

Radiasi sinar gamma mempunyai karakteristik bisa menyebabkan perubahan terhadap sifat keturunan yang apabila ditembakkan pada biji tanaman. Dampak dari perubahan yang terjadi merupakan interaksi sinar gamma dengan kromosom menyebabkan struktur dari kromosom rusak, putus atau bahkan berpindah pasangan. Sifat baru yang akan muncul bisa beragam, bisa lebih bagus dari varietas asalnya (induk) atau sebaliknya. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada tanaman yang telah diiradiasi, pengamatan dilakukan dari awal perkembangan tanaman. Sejak awal proses pengolahan lahan yang sama, penyemaian, masa pertumbuhan sampai masa panen.

Pada pengamatan di lapangan waktu tumbuh setiap sampel berbeda antara benih tanpa radiasi (tanaman induk) dengan tanaman yang diradiasi dengan dosis yang berbeda. Untuk tanaman yang tidak diiradiasi (kontrol) tumbuh dalam waktu 10 hari setelah tanam, sedangkan untuk benih yang diiradiasi dengan dosis 1000-4000 rads waktu tumbuhnya rata-rata 7 hari setelah tanam. Perbedaan waktu tumbuh tidak terlalu berbeda antara benih yang tanpa diiradiasi dengan benih yang diiradiasi dengan dosis yang berbeda. Berikut merupakan kisaran waktu tumbuh benih dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Kisaran umur tanaman untuk tiap perlakuan

Perlakuan	Waktu Tumbuh Benih
R0	10 hst
R1	7 hst
R2	7 hst
R3	7 hst
R4	7 hst
R5	7 hst
R6	7 hst
R7	7 hst

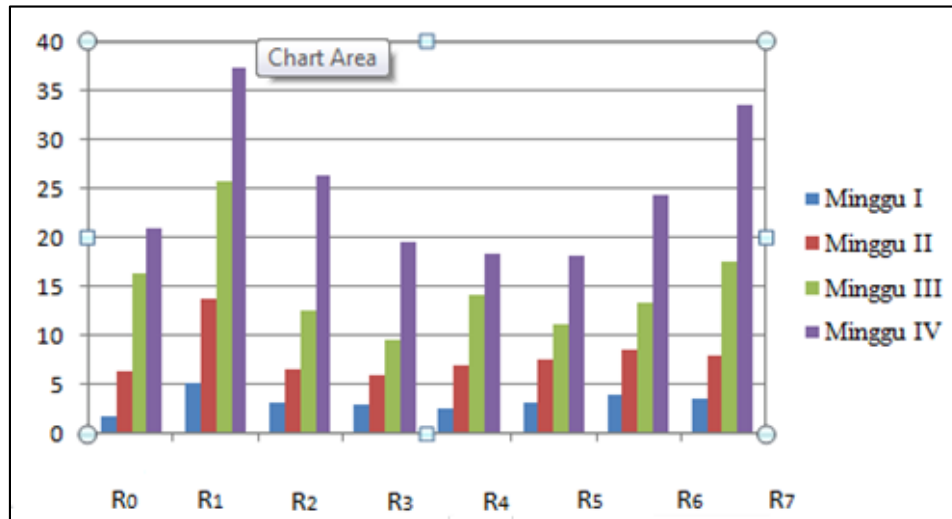
Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata waktu tumbuh benih. Benih yang tanpa perlakuan (R₀) membutuhkan waktu yang lebih lama untuk tumbuh dibandingkan yang diiradiasi dengan dosis yang telah ditentukan. Hal ini bisa terjadi karena benih yang tidak mengalami perubahan struktur pada kromosom yang akan menyebabkan benih masih mempertahankan sifat aslinya, sedangkan untuk yang benih diiradiasi (R₁ sampai R₇) waktu tumbuh yang diperlukan serentak sama. Dengan radiasi gamma induksi mutasi yang terjadi akan menyebabkan benih memiliki waktu tumbuh yang lebih cepat dari sifat asli benih. Karena sifat asli dari benih telah hilang karena benang kromosom telah putus atau berpindah.

Efek genetik dari radiasi menyebabkan perubahan terhadap struktur dan komposisi pada kromosom. Keadaan ini menimbulkan bermacam bentuk mutasi pada keturunan tanaman yang sifatnya akan berbeda dengan tanaman induknya. Pengamatan dan pengambilan data terhadap pertumbuhan benih dilakukan serentak untuk semua perlakuan termasuk tanaman induk. Dalam pengamatan yang dilakukan ada 10 batang tanaman pada setiap sampel yang dijadikan sebagai patokan untuk pengukuran. Ini dilakukan agar memudahkan peneliti untuk menganalisis sifat fisis dari tanaman, dan juga memudahkan untuk melihat perbandingan varietas yang muncul antara sampel benih tanpa diradiasi dengan sampel benih yang telah diradiasi dengan dosis yang berbeda. Berikut ini merupakan gambar benih yang tumbuh dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1. Benih yang tumbuh hasil penyemaian**

Setelah benih berumur 2 minggu barulah dilakukan pengamatan pada 10 batang tanaman bayam. Untuk pengamatan jumlah benih yang tumbuh benih ditanam satu biji benih pada setiap titik, tanaman ditanam pada 10 titik yang telah ditentukan. Sedangkan untuk pengukuran tinggi batang, jumlah daun, dan lebar daun dipilih 10 tanaman yang tingginya hampir sama. Radiasi berpengaruh pada benih/bibit, yang kemudian akan memberikan dampak bagi pertumbuhan dan perkembangan benih. Perbedaan terlihat pada setiap sampel baik tanpa radiasi ataupun pada sampel yang telah diradiasi. Benih yang diradiasi memiliki frekuensi kejadian mutasi, dimana mutasi ini akan menyebabkan putusnya kromosom sehingga benih yang diradiasi akan memiliki varietas atau struktur yang lebih unggul dibandingkan benih tanpa radiasi. Struktur yang lebih unggul dapat dilihat dari struktur, daun yang lebih lebar dan lebat, umur tanaman maupun tinggi tanaman pada saat panen. Hal seperti ini merupakan tujuan dari pemuliaan yang sebenarnya.

Berdasarkan pengamatan dan analisis dilapangan varietas yang muncul pada awal tanaman tumbuh tidak terlalu berbeda antara benih tanpa radiasi dengan benih yang diradiasi. Namun setelah tanaman berumur 2 minggu sampai 3 minggu, jumlah daun pada tanaman mulai menunjukkan perbedaan. Tanaman tanpa radiasi jumlah helai daun pada saat panen 6-10 helai, sedangkan yang telah diradiasi dengan dosis yang berbeda rata-rata jumlah helai daunnya 8-12 helai daun dalam satu batang tanaman. Dari jumlah helai daun daun per batang dapat terlihat jelas bahwa benih yang diradiasi memiliki sifat yang lebih unggul. Ini terjadi karena perbedaan kemampuan dan besar serapan radiasi pada benih mampu berkembang dengan karakteristik varietas yang lebih unggul. Radiasi ini tidak membawa pengaruh dari luar. Radiasi dilakukan bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat yang ada pada spesies itu sendiri dan dapat menghentikan sifat-sifat buruknya, bahkan sebaliknya juga meningkatkan sifat-sifat baiknya. Tinggi tanaman yang paling tinggi yaitu pada perlakuan R₁ dengan dosis 1000 rads, kisaran tinggi tanaman juga dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Grafik rata-rata tinggi tanaman bayam lokal timor untuk semua perlakuan setiap minggu

Gambar 2 terlihat bahwa tanaman yang diradiasi memiliki tinggi yang berbeda dengan yang lainnya, termasuk dengan tinggi benih yang tanpa diradiasi. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa benih R₁ yang diradiasi dengan dosis 1000 rads, memiliki rata-rata tinggi tanaman yang lebih besar pada setiap minggu dibandingkan benih dengan perlakuan lainnya. Perbedaan ini tergantung oleh besarnya serapan benih terhadap dosis radiasi yang diberikan.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan warna daun hijau. Tetapi tidak semua tanaman pada saat dipanen memiliki warna daun yang sama. Semakin besar dosis radiasi yang dipancarkan maka warna daun akan menjadi hijau kekuning-kuningan. Kloroplas atau mitokondria ternyata mengandung materi genetik yang juga dapat termutasi. Mutasi pada gen kloroplas akan menyebabkan kerusakan gen yang akan mengganggu proses fotosintesis pada daun. Perhatikan perbedaan warna daun pada gambar 3 dan 4 dibawah ini:



Gambar 3. Warna daun bayam hijau dengan umur tanaman 35 hari (dosis 1000 rads)



Gambar 4. Warna daun bayam hijau kekuning-kuningan umur 35 hari setelah panen (dosis 4000 rads)

Dari gambar 3 dan 4 terlihat perbedaan warna daun yang muncul dari hasil pemuliaan. Dalam pemeliharaan tanaman di lapangan hanya dilakukan penyiangan, pengairan atau penyiraman dan penyemprotan pestisida. Pemeliharaan tidak disertai pemupukan, dikarenakan supaya pada saat panen hasil pemuliaan yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh unsur anorganik seperti pupuk. Seperti karakteristik lain besarnya energi radiasi multigamma yang dipancarkan tidak semuanya dapat diserap oleh benih dengan baik. Hal ini dapat mempengaruhi hasil produksi dan kualitas tanaman. Secara kuantitatif, juga terdapat perbedaan massa yang didapat untuk setiap perlakuan. Untuk membandingkan massa per 10 batang tanaman dengan perlakuan sesuai dosis yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Massa daun per 10 batang untuk tiap perlakuan

Perlakuan	Massa per 10 batang (gram)
R0	24,15
R1	97,66
R2	73,32
R3	67,60
R4	47,12
R5	43,68
R6	83,86
R7	109,22

Dari hasil penelitian dan pengamatan radiasi juga mempengaruhi rasa dari tanaman. Rasa yang dimiliki tanaman dengan perlakuan yang tanpa radiasi dan tanaman hasil radiasi mempunyai rasa yang berbeda. Semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan rasa yang dihasilkan semakin pahit dan sepat. Untuk tanaman tanpa radiasi rasa daun keras dan batangnya keras. Tanaman hasil radiasi dengan dosis 1000 rads memiliki rasa yang enak, daunnya muda, batangnya yang tidak keras dan rasanya tidak sepat, namun berbeda dengan yang diradiasi dengan dosis 1500 rads, rasanya sama dengan dosis 1000 rads hanya saja pada dosis 1500 air hasil rebusan sedikit sepat. Sedangkan untuk tanaman yang diradiasi dengan dosis 2000 rads - 4000 rads memiliki rasa yang pahit dan sepat. Perbedaan rasa bisa disebabkan karena tanaman yang diradiasi dapat menyebabkan kerusakan pada molekul DNA seperti kerusakan pada susunan triplet molekul DNA dan perubahan letak benang kromosom pada DNA.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan varietas yang lebih unggul pada tanaman bayam lokal Timor muncul pada perlakuan R₇ dengan dosis 1000 rads. Produksi pada tanaman bayam lokal Timor tertinggi diperoleh pada dosis 4000 rads yaitu 109,22 gram. Jumlah daun yang paling banyak pada dosis 3500 rads 6 -12 helai daun. Lebar daun terbesar diperoleh pada dosis 4000 rads yaitu 7,86 cm. Untuk tinggi rata-rata tanaman paling tinggi diperoleh pada dosis 1000 rads yaitu 20,27 cm. Sedangkan untuk rasa tanaman bayam yang paling enak terdapat pada dosis 1000 rads yang memiliki rasa daun lembut, batangnya tidak keras dan rasa air rebusannya tidak sepat. Berdasarkan data kualitatif

dan kuantitatif maka dikemukakan bahwa dosis 1000 rads yang tepat digunakan untuk pemuliaan tanaman bayam lokal Timor karena mampu menghasilkan varietas unggul.

Daftar Pustaka

- [1] V. E. Aristya and T. Taryono, "Pemuliaan Tanaman Partisipatif untuk Meningkatkan Peran Varietas Padi Unggul dalam Mendukung Swasembada Pangan Nasional," *Agrotechnology Innov.*, vol. 2, no. 1, p. 26, 2019, doi: 10.22146/agrinova.51985.
- [2] A. Masniawati, E. Johannes, Magfira, and M. Tuwo, "Evaluasi Keragaman Genetik Generasi Pertama (F-1) Cendana Santalum album Linn. Umur 4 Tahun di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan," *J. Ilmu Alam dan Lingkung.*, vol. 14, no. 2, pp. 1-10, 2023, [Online]. Available: <http://journal.unhas.ac.id>
- [3] E. G. Lestari, "Aplikasi Induksi Mutasi Untuk Pemuliaan Tanaman Hias," *J. Ilmu-ilmu Hayati*, vol. 20, no. 3, pp. 335-344, 2021.
- [4] E. Rolenti Togatorop, S. Iis Aisyah, and M. R. M. Damanik, "Pengaruh Mutasi Fisik Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaman Genetik dan Penampilan Coleus blumei," *J. Hortik. Indones.*, vol. 7, no. 3, pp. 187-194, 2016, doi: 10.29244/jhi.7.3.187-194.
- [5] Y. Oladosu *et al.*, "Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: A review," *Biotechnol. Biotechnol. Equip.*, vol. 30, no. 1, pp. 1-16, 2016, doi: 10.1080/13102818.2015.1087333.
- [6] I. G. A. N. Ari Kusuma Putra, I. G. N. Sutapa, and I. G. Antha Kasmawan, "Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 Dalam Pemuliaan Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* L.) dengan Metode Mutagen Fisik," *Bul. Fis.*, vol. 18, no. 1, p. 12, 2017, doi: 10.24843/bf.2017.v18.i01.p03.
- [7] N. Nurhidayat, A. Aminah, and E. Edy, "Meningkatkan Keragaman Genetik Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine Max* L) Yang Berumur Genjah Dan Toleran Terhadap Cekaman," *AGrotekMAS J. Indones. ...*, vol. 3, no. 3, pp. 20-35, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas/article/view/263%0Ahttps://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas/article/download/263/220>
- [8] A. Bete, J. L. Tanesib, and B. Pasangka, "Pemuliaan Tanaman Kacang Tunggak (*Vigna Unguilata*)," *J. Fis.*, vol. 5, no. 2, pp. 149-157, 2020.
- [9] K. A. C. Adelia, B. Pasangka, and M. Bukit, "Bawang Putih Lokal Timor," *Fis. Sains dan Apl.*, vol. 1, no. 1, pp. 66-71, 2016, doi: <https://doi.org/10.35508/fisa.v1i1>.
- [10] Y. Hunga, B. Pasangka, and J. Tarigan, "Rekayasa Genetik Tanaman Tomat Lokal Timor dengan Metode Irradiasi Multigamma," *Magn. Res. J. Phys. It's Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 13-17, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unisap.ac.id/index.php/magnetic/article/view/78>
- [11] Y. Cacur, J. Tarigan, and B. Pasangka, "Penggunaan Radiasi Multigamma untuk Rekayasa Genetik Tanaman Sorgum Lokal Asal Niki-Niki Soe," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 97-101, 2018, doi: 10.35508/fisa.v3i2.608.