

**Iradiasi Sinar Gamma ^{60}Co terhadap Tanaman Bawang putih (*Allium sativum* L.)
Varietas Lumbu Kuning Generasi Kedua (M2)**

Effect of ^{60}Co Gamma Ray Irradiation on Second-Generation (M2) Lumbu Kuning Garlic (*Allium sativum* L.) Plants

Fega Nadya Prastiko, *Ida Retno Moeljani, Hadi Suhardjono

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Jawa Timur

KATA KUNCI

^{60}Co Gamma Ray
Irradiation,
Garlic.

HISTORI ARTIKEL

Diterima : 19-03-2024
Direvisi : 30-06-2024
Diterbitkan: 30-07-2024



*This work is licensed under a
Creative Commons Attribution
4.0 International
License.*

ABSTRAK

Bawang putih varietas Lumbu Kuning merupakan varietas dengan potensi produksi tinggi namun hanya dapat ditanam pada dataran tinggi. Perbanyakan bawang putih di Indonesia umumnya dilakukan secara vegetatif sehingga tidak dapat memunculkan sifat unggul baru seperti pada perbanyakan generatif. Upaya menghasilkan sifat baru dilakukan melalui induksi mutasi dengan cara iradiasi sinar gamma ^{60}Co . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma ^{60}Co terhadap produktivitas tanaman bawang putih varietas lumbu kuning generasi kedua toleran dataran rendah. Penelitian ini menggunakan metode *single plant* dan terdiri atas satu faktor perlakuan berupa dosis sinar gamma dengan 4 taraf perlakuan di antaranya: 0 Gy/kontrol (LK₀), 4 Gy (LK₄); 5 Gy (LK₅); dan 6 Gy (LK₆). Hasil pengamatan dianalisis menggunakan Uji t. Hasil yang didapat yaitu tanaman LK₅ menunjukkan perbedaan nyata pada diameter batang berat basah dan jumlah siung. Tanaman LK₆ (hasil iradiasi memiliki tanaman dengan berat basah, berat kering dan jumlah siung tertinggi. Disimpulkan bahwa iradiasi sinar gamma memberikan pengaruh pada tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua.

ABSTRACT

Garlic cultivar 'Lumbu Kuning' has high yield potential, but can only be cultivated in highland areas. Garlic propagation in Indonesia is generally conducted through vegetative means, thus unable to express new superior traits as in generative propagation. Efforts to produce novel traits are carried out through mutation induction by ^{60}Co gamma ray irradiation. This study aimed to determine the effect of ^{60}Co gamma ray irradiation on the productivity of the second-generation 'Lumbu Kuning' garlic cultivar tolerant to lowland conditions. This research utilized the single plant method and consisted of one treatment factor in the form of gamma ray dose with 4 levels: 0 Gy/control (LK₀), 4 Gy (LK₄); 5 Gy (LK₅); and 6 Gy (LK₆). The observational data were analyzed using the t-test. The results showed that the LK₅ plants exhibited significant differences in stem diameter, fresh biomass, and number of cloves. LK₆ plants (irradiated) had the highest fresh biomass, dry biomass, and number of cloves. It was concluded that gamma ray irradiation had an effect on the second-generation 'Lumbu Kuning' garlic cultivar.

How to Cite:

Prastiko, F. N., Moeljani, I. R., Suhardjono, H. (2024). Iradiasi Sinar Gamma ^{60}Co terhadap Tanaman Bawang putih (*Allium sativum* L.) Varietas Lumbu Kuning Generasi Kedua (M2). *Plumula : Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 12(2), 109-114. <https://doi.org/10.33005/plumula.v12i2.215>.

***Author Correspondent:**

Email: ida_retno@upnjatim.ac.id

PENDAHULUAN

Bawang putih (*Allium sativum*. L) merupakan salah satu sayuran yang hampir ada pada semua masakan Indonesia. Daya produksi bawang putih lokal di Indonesia cukup terbatas jika dibandingkan bawang putih di daerah subtropics karena varietas lokal sebagian besar hanya dapat ditanam didataran tinggi. Di Indonesia terdapat 5 varietas lokal bawang putih yaitu Lumbu Hijau, Lumbu Kuning, Lumbu Putih, Tawangmangu, Sangga Sembalun, dan Jangkiriah Adro (Kurniaty dkk., 2022). Varietas Lumbu Kuning dan Lumbu Hijau merupakan varietas lokal yang populer ditanam oleh petani, karena mempunyai hasil panen yang tinggi dengan ukuran umbi yang lebih besar dan aroma yang tajam (Ferdianto, 2021). Ketersediaan benih unggul baru yang berkualitas, memiliki produktivitas tinggi dan adaptif dengan kondisi di Indonesia perlu ditingkatkan, namun kebanyakan benih di kalangan petani Indonesia masih secara vegetatif yaitu umbi.

Perbanyak benih dengan cara vegetatif tidak memunculkan variasi sifat yang baru sehingga akan sulit ditemukan benih unggul baru. Salah satu cara untuk memunculkan sifat-sifat baru bawang putih yaitu melalui pemuliaan tanaman dengan induksi mutasi. Induksi mutasi adalah penggunaan bahan radioaktif yang menyebabkan perubahan genetik pada tanaman sehingga memunculkan sifat-sifat yang baru. Dengan menggunakan mutagen atau bahan penyebab mutasi susunan genetik tanaman dapat berubah. Salah satu mutagen yang banyak digunakan untuk induksi mutasi pada tanaman yaitu sinar gamma ⁶⁰Co. Iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co merupakan suatu proses saat suatu materi dikenai paparan energi yang dikeluarkan oleh atom kobalt berupa sinar gamma. (Harsanti & Yulidar, 2016) menyatakan bahwa sinar gamma mempunyai penetrabilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam bidang pemuliaan untuk memunculkan sifat unggul yang baru dalam menghasilkan varietas.

Keberhasilan iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co ditentukan oleh dosis radiasi yang digunakan dalam menginduksi. Pemberian dosis radiasi yang terlalu rendah menghasilkan sedikit sektor yang mengalami mutasi, sebaliknya jika diberikan dosis yang terlalu tinggi maka dapat menyebabkan kematian. Tingkat radiosensitivitas setiap tanaman berbeda-beda diukur berdasarkan nilai *lethal dose* (LD). Hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap pertumbuhan dan produktivitas bawang putih (*Allium sativum*. L) varietas Lumbu Kuning dengan perlakuan iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co menunjukkan nilai LD50 sebesar 11,6725 Gy dan nilai LD20 sebesar 4,27817 Gy (Ferdianto, 2021). Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co terhadap produktivitas tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua toleran dataran rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan petani desa Ketindan, Lawang Malang. Waktu pelaksanaan dimulai pada bulan April 2022 sampai Agustus 2022. Ketinggian tempat yaitu 600 m dpl dengan suhu rata-rata 22-28 °C. Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi cangkul, cetok, gembor, penggaris, jangka sorong, kamera, alat tulis, timbangan analitik, ember, tugal dan loyang. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah benih bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi pertama (M1) hasil iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co dosis 0 Gy, 4 Gy, 5 Gy dan 6 Gy, campuran media tanaman (kompas, tanah taman dan *cocopeat*), *planterbag*, label tanaman, amplop, pupuk NPK (16:16:16), pupuk SP-36, Urea, KCl. Penelitian ini terdiri dari satu faktor perlakuan yaitu dosis iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co yang terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu D₀ = tanpa dosis iradiasi (0 Gy/kontrol), D₄ = dosis iradiasi 4 Gy, D₅ = dosis iradiasi 5 Gy dan D₆ = dosis iradiasi 6 Gy. Terdiri dari 4 petak percobaan dan menggunakan rancangan percobaan *single plant*. Setiap petak percobaan terdiri dari 10 *planterbag*, dimana setiap *planterbag* berisi 4 tanaman. Pengamatan dilakukan pada 10 sampel tanaman tiap dosis sehingga berjumlah 40 sampel.

Penelitian diawali dengan menyeleksi siung dengan ukuran yang sama, tidak rusak dan tidak keriput. Siung yang digunakan berdiameter ± 1 cm. Persiapan media tanam dilakukan satu minggu sebelum masa tanam dengan mencampurkan tanah taman, kompos dan *cocopeat* (1:1:1). Media tanam akan dimasukkan ke dalam 32 *planter bag* dengan ukuran 35 liter. Siung bawang putih ditanam $\frac{3}{4}$ bagian pada media tanam dilakukan dengan meletakkan tempat tumbuh tunas pada bagian atas. Jarak tanam siung 10 X 10 cm. Jarak antar *planter bag* 40 X 40 cm. Pemupukan dilakukan satu minggu sebelum tanam, 15 HST (hari setelah tanam), 30 HST dan 50 HST. Pengendalian hama penyakit tanaman dilakukan dengan pemeriksaan manual. Pemanenan dilakukan ketika tanaman siap panen yang ditandai dengan 50% daun telah menguning/ kering dan tangkai batang keras (Direktorat Jenderal Hortikultura, 2009; Pambudi dkk., 2024).

Parameter pengamatan terdiri dari panjang tanaman (cm), jumlah daun (helai), diameter batang (cm), berat basah brangkasan (g), berat kering brangkasan (g), diameter umbi (cm) dan jumlah siung. Pengujian dilakukan dengan membandingkan rata-rata parameter pengamatan tanaman hasil iradiasi sine gamma ⁶⁰Co dosis 0 Gy, 4 Gy, 5 Gy dan 6 Gy. Data dari masing-masing pengamatan dirata-rata kemudian dianalisis menggunakan Uji-t pada taraf 5% dan 1% serta dihitung nilai standar deviasinya menggunakan program Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sinar gamma adalah salah satu radiasi pengion yang berinteraksi dengan atom atau molekul dari sel dan jaringan benih. Dampaknya, iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan perubahan aktivitas enzim dan menginduksi perubahan-perubahan pada tingkat genetik (Zanzibar dkk., 2015). Menurut Rahimi & Bahrani (2011), sinar gamma menyebabkan perubahan sifat tanaman : genetik, fisiologis dan morfologi. Tiga jenis perubahan yang menjadi perhatian besar dalam pemuliaan tanaman yaitu perubahan fisiologis, faktor mutagenik, dan mutasi kromosom (Soedarti dkk., 2011)

Iradiasi sinar gamma dapat mempengaruhi parameter pertumbuhan dan parameter hasil tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua. Menurut Siddiqui dkk. (2009) iradiasi sinar gamma yang diberikan kepada tanaman menyebabkan kerusakan fisiologis atau kerusakan kromosom. Sinar gamma adalah radiasi pengion yang berinteraksi dengan atom atau molekul untuk menghasilkan radikal bebas di dalam sel. Radikal bebas ini dapat merusak atau mengubah komponen yang sangat penting pada sel tumbuhan dan bergantung pada tingkat radiasi, morfologi, anatomi biokimia dan fisiologi tumbuhan dapat terpengaruh (Choi dkk., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan mutasi dapat menyebabkan keanekaragaman sifat secara kuantitatif. Menurut (Ferdianti dkk., 2023) pemanfaatan energi radiasi sinar gamma pada tanaman dan tahapan seleksi yang teliti dapat berpengaruh baik jika diberikan dengan dosis yang tepat. Sinar gamma dapat memunculkan sifat yang diinginkan seperti produksi tinggi, umur genjah, tahan terhadap penyakit dan sebagainya.

Panjang Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Batang

Hasil analisis uji t pada tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co berbeda sangat nyata terhadap diameter batang dan tidak berbeda nyata pada panjang tanaman serta jumlah daun. Pengujian analisis data uji t menggunakan data panjang tanaman, jumlah daun dan diameter batang pada umur 10 MST (minggu setelah tanam). Nilai rata-rata panjang tanaman, jumlah daun dan diameter daun tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua hasil iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa panjang tanaman LK₄, LK₅ dan LK₆ tidak berbeda nyata dengan tanaman LK₀. Rata-rata panjang tanaman terpanjang ditemui pada tanaman LK₆ yaitu 40,63 cm, sedangkan rata-rata panjang tanaman terpendek pada tanaman LK₄ yaitu 36,55 cm. Jumlah daun tanaman LK₄, LK₅ dan LK₆ tidak berbeda nyata dengan tanaman LK₀. Jumlah daun dengan rata-rata tertinggi pada tanaman LK₀ yaitu 5,23 helai, sedangkan jumlah daun dengan rata-rata terendah pada tanaman LK₅ yaitu 4,75 helai. Diameter batang tanaman LK₅ sangat berbeda nyata dengan tanaman LK₀. Diameter batang tanaman LK₄ dan LK₆ tidak berbeda nyata dengan tanaman LK₀. Diameter batang dengan rata-rata tertinggi pada tanaman LK₄ yaitu 0,67 cm sedangkan diameter batang dengan rata-rata terendah pada tanaman LK₅ yaitu 0,43 cm.

Tabel 1. Rata-rata Jumlah Daun, Panjang Tanaman dan Diameter Batang Bawang Putih Varietas Lumbu Kuning Generasi Kedua Hasil Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰Co pada umur 10 MST

Dosis Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰ Co	Panjang Tanaman (cm)	Jumlah Daun (Helai)	Diameter Batang (cm)
LK ₀ (0 Gy)	36,61	5,23	0,59
LK ₄ (4 Gy)	36,55	5,00	0,67
LK ₅ (5 Gy)	35,56	4,75	0,43 **
LK ₆ (6 Gy)	40,63	4,95	0,60

Keterangan: ** berbeda sangat nyata terhadap LK₀ (0 Gy/Kontrol) berdasarkan uji t pada taraf 1%

Sumber: Data Diolah, 2024

Iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua (M2). Diameter batang tanaman dosis 4 Gy dan 6 Gy memiliki rata-rata lebih tinggi dari pada rata-rata tanaman tanpa iradiasi. Diameter batang dengan nilai terbesar pada tanaman hasil iradiasi LK₄-9 dan LK₄-17 yaitu 1,30 cm. Diameter batang dengan nilai terkecil terdapat pada tanaman hasil iradiasi LK₅-14 dan LK₆-6 yaitu 0,09 cm nilai tersebut di bawah rata-rata diameter batang tanaman kontrol yaitu 0,59 cm. Diameter batang pada tanaman hasil iradiasi memiliki nilai yang lebih besar dari pada rata-rata tanaman kontrol. Panjang tanaman pada dosis 4 Gy dan 6 Gy memiliki rata-rata yang lebih tinggi dari pada rata-rata tanaman kontrol. Panjang tanaman dengan nilai terbesar terdapat pada tanaman hasil iradiasi LK₆-3 dan LK₅-24 yaitu 53 cm yang memiliki selisih 16,39 cm lebih besar dari pada rata-rata tanaman kontrol. Sedangkan tanaman dengan nilai panjang tanaman terpendek terdapat pada tanaman hasil iradiasi LK₆-6 yaitu 18 cm. Beberapa tanaman hasil iradiasi juga mengalami kerdil pada pertumbuhannya seperti pada tanaman LK₆-6, keabnormalan ini juga terjadi dikarenakan efek dari iradiasi sinar gamma yang menghambat pertumbuhan tanaman. Menurut Hapsari dkk. (2021) menyatakan penurunan pertumbuhan tanaman (kerdil) terjadi karena gangguan fisiologis atau kerusakan kromosom akibat iradiasi sinar gamma dengan dosis tinggi. Menurut Anggriani dkk. (2021) menyatakan rusaknya kromosom daun menyebabkan perubahan morfologi dan proses fotosintesis dapat terganggu.

Laju kematian tanaman bergantung pada radiosensitivitas bahan yang diiradiasi. Radiosensitivitas adalah derajat kepekaan bahan yang diiradiasi terhadap radiasi yang disinarakan dan jenis bahan tanam mempengaruhi dosis radiasi yang tepat untuk digunakan dalam penelitian (Taher dkk., 2011). Pemberian dosis tinggi menghambat pembelahan sel sehingga menyebabkan kematian sel dan mengganggu proses pertumbuhan tanaman, serta menurunkan kemampuan tumbuh dan morfologi tanaman. Namun dosis radiasi terlalu rendah tidak cukup untuk membuat tanaman bermutasi. Frekuensi mutasi yang terlalu rendah hanya akan menghasilkan sejumlah kecil sektor mutan.

Berat Basah dan Berat Kering

Hasil analisa uji t berat basah dan berat kering tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co berbeda nyata terhadap berat basah dan tidak berbeda nyata terhadap berat kering. Nilai rata-rata berat basah dan juga berat kering bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua hasil iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan berat basah pada tanaman LK₅ berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Rata-rata berat basah tertinggi pada tanaman LK₆ yaitu 7,77 g. Rata-rata berat basah terendah pada tanaman LK₄ yaitu 6,61 g. Sedangkan pada berat kering tanaman yang diberi perlakuan tidak berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Rata-rata berat kering tertinggi pada tanaman LK₆ yaitu 3,57 g. Rata-rata berat kering terendah pada tanaman LK₅ yaitu 2,80 g.

Iradiasi sinar gamma juga mempengaruhi berat basah dan berat kering brangkasan tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua. Bawang putih varietas Lumbu Kuning hasil iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co dipanen pada umur 105 hari setelah tanam ditandai dengan perubahan daun yang mulai menguning. Berat basah dan berat kering tertinggi berada pada tanaman hasil iradiasi LK₆-28 masing-masing 20,5 g dan 10,4 g. Tanaman LK₆-28 dengan kisaran nilai berat basah 20,5 g sedangkan nilai rata-rata berat basah tanaman kontrol adalah 7,26 g. Iradiasi sinar gamma dapat memperbaiki satu atau lebih sifat tanaman serta dapat memunculkan sifat baru jika diberikan dengan dosis yang tepat. Menurut Sianipar dkk. (2013) pemberian jumlah radiasi yang tepat di bidang pertanian memang memberikan dampak positif, namun kenyataannya tidak semua berjalan sesuai dengan harapan

Tabel 2. Rata-rata Berat Basah dan Berat Kering Bawang Putih Varietas Lumbu Kuning Generasi Kedua Hasil Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰Co

Dosis Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰ Co	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
LK ₀ (0 Gy)	7,26	3,24
LK ₄ (4 Gy)	6,61	3,17
LK ₅ (5 Gy)	5,23 *	2,80
LK ₆ (6 Gy)	7,77	3,57

Keterangan: ** berbeda sangat nyata terhadap LK₀ (0 Gy/Kontrol) berdasarkan uji t pada taraf 5%

Sumber: Data Diolah, 2024

Tabel 3. Rata-rata Diameter Umbi dan Jumlah Siung Bawang Putih Varietas Lumbu Kuning Generasi Kedua Hasil Iradiasi Sinar Gamma 60Co

Dosis Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰ Co	Diameter Umbi (cm)	Jumlah Siung (Siung)
LK ₀ (0 Gy)	2,11	9,30
LK ₄ (4 Gy)	2,17	9,78
LK ₅ (5 Gy)	1,94	6,88 **
LK ₆ (6 Gy)	2,19	8,13

Keterangan: ** berbeda sangat nyata terhadap LK₀ (0 Gy/Kontrol) berdasarkan uji t pada taraf 1%

Sumber: Data Diolah, 2024

Diameter Umbi dan Jumlah Siung

Hasil uji t tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co berbeda sangat nyata terhadap jumlah siung dan tidak berbeda nyata terhadap diameter umbi. Nilai rata-rata diameter umbi dan jumlah siung tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning hasil iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan jumlah siung pada tanaman LK₅ berbeda sangat nyata dengan tanaman LK₀. Rata-rata jumlah siung tertinggi pada tanaman LK₄ yaitu 9,78 siung. Rata-rata jumlah siung terendah pada tanaman LK₅ yaitu 6,88 siung. Diameter Umbi tanaman LK₄, LK₅, dan LK₆ tidak berbeda nyata dengan tanaman LK₀. Rata-rata diameter umbi tertinggi pada tanaman LK₆ yaitu 2,19 cm. Rata-rata diameter umbi terendah pada tanaman LK₅ yaitu 1,94 cm.

Iradiasi sinar gamma ⁶⁰Co mengakibatkan tanaman mengalami perubahan yang acak dan tidak dapat diprediksi, seperti yang terlihat dari data maksimal sampai minimal pada parameter jumlah siung. Pada tanaman hasil iradiasi dosis 6 Gy (LK₆-28) memiliki jumlah siung terbanyak yaitu 25 siung juga memiliki tanaman yang tidak dapat memproduksi siung. Ini menjadi bukti jika iradiasi dapat memberikan pengaruh yang acak sehingga untuk menemukan varietas unggul baru diperlukan seleksi pada generasi selanjutnya. Menurut Lisdyayanti dkk. (2019), perubahan kromosom tanaman yang terjadi karena mutasi fisik bersifat acak, efek yang diberikan oleh iradiasi sinar gamma tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu seleksi harus dilakukan untuk memperoleh individu tanaman yang sesuai dengan tujuan peneliti.

SIMPULAN

Iradiasi sinar gamma sebesar 5 Gy berpengaruh nyata terhadap diameter batang, berat basah dan jumlah siung tanaman bawang putih varietas Lumbu Kuning generasi kedua. Tanaman hasil iradiasi sinar gamma sebesar 5 Gy dan 6 Gy memiliki peningkatan pada berat basah, berat kering dan jumlah siung. Adapun saran untuk penelitian lanjutan yaitu : menanam bawang putih pada dataran yang lebih rendah (kurang dari 600 m dpl) menggunakan tanaman hasil iradiasi 5 Gy (LK₅) dan 6 Gy (LK₆).

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriani, R., Karti, P. D. M. H., & Prihantoro, I. (2021). Seleksi Mutan Tanaman Lamtoro (*Leucaena leucocephala* cv. Tarramba) Tahan Kutu Loncat terhadap Lingkungan Kering pada Rumah Kaca. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 19(3), 90–94. <https://doi.org/10.29244/jintp.19.3.90-94>
- Choi, H.-I., Han, S. M., Jo, Y. D., Hong, M. J., Kim, S. H., & Kim, J.-B. (2021). Effects of Acute and Chronic Gamma Irradiation on the Cell Biology and Physiology of Rice Plants. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/plants10030439>
- Direktorat Jenderal Hortikultura. (2009). *Standar Operasional Prosedur (SOP) Budidaya Bawang Putih (Allium sativum L.)* (pp. 1–66). Direktorat Jenderal Hortikultura Departemen Pertanian RI.
- Ferdianti, C. I., Wati, L. L., Maulida, R. Y., Handayani, R. D., & Astutik, S. (2023). Analisis Keuntungan dan Kerugian Pemanfaatan Iradasi Sinar Gamma di Bidang Pertanian Padi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(13), 132–141.
- Ferdianto, M. E. (2021). *Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma 60Co Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang*
- Plumula : Berkala Ilmiah Agroteknologi: Vol.12. No. 2 Juli 2024**

Putih (Allium sativum L.) Lumbu Kuning. UPN "Veteran" Jawa Timur.

- Hapsari, L., Trimanto, T., Isnaini, Y., & Widiarsih, S. (2021). Morphological characterization and gamma irradiation effect on plant growth of *Curcuma heyneana* Val & Zijp. *AIP Conference Proceedings*, 2353(June). <https://doi.org/10.1063/5.0052680>
- Harsanti, L., & Yulidar. (2016). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma yang Berasal dari Sumber ⁶⁰Co terhadap Pembentukan Tanaman Kedelai Tahan Naungan pada Generasi M1. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir*, 103–109.
- Kurniaty, W., Eliyanti, E., & Aryunis, A. (2022). Uji Adaptasi Beberapa Varietas Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum* L.) di Dataran Rendah Muaro Jambi. *Jurnal Media Pertanian*, 7(2), 79. <https://doi.org/10.33087/jagro.v7i2.147>
- Lisdyayanti, N. D., Anwar, S., & Adriani Darmawati. (2019). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. *Berkala Bioteknologi*, 2(2), 67–75.
- Pambudi, S. L., Hartatik, S., Ristiyana, S., Saputra, T. W., & Fahrudin, D. E. (2024). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Interval Pemberian Air dengan Irigasi Tetes Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Stevia (*Stevia rebaudiana* B.). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(1), 81–93. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v8i1.614>
- Rahimi, M. M., & Bahrani, A. (2011). Influence of gamma irradiation on some physiological characteristics and grain protein in wheat (*Triticum Aestivum* L.). *World Applied Sciences Journal*, 15(5), 654–659.
- Sianipar, J., Agustina, L., & Ilyas, S. (2013). Pengaruh radiasi sinar gamma terhadap tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada kondisi kekeringan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(2), 136–148.
- Siddiqui, M. A., Khan, I. A., & Khatri, A. (2009). Induced quantitative variability by gamma rays and ethylmethane sulphonate alone and in combination in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1189–1195.
- Soedarti, T., Loegito, M., & Prihiyantoro, E. (2011). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma ⁶⁰Co pada Biji Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Varietas Wilis terhadap Kandungan Asam Amino Esensial Biji Kedelai. *Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 14(2), 1–3.
- Taher, H. M., Hafiz, M., Sadat, J. S., Cirus, V., Reza, N. M., & Abbas, M. (2011). Sensitivity to gamma rays studies in two Iranian rice (*Oryza sativa*) genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 6(23), 5208–5211. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.384>
- Zanzibar, M., Megawati, M., Pujiastuti, E., & Sudrajat, D. J. (2015). Iradiasi Sinar Gamma (⁶⁰Co) untuk Meningkatkan Perkecambah dan Pertumbuhan Bibit Tembesu (*Fagraea fragran* Roxb.). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 165–174. <https://doi.org/10.20886/jpht.2015.12.3.165-174>