



Pemanfaatan Sinar Gamma Untuk Pemuliaan Tanaman Jagung

Lisa Listyo Wati¹, Cindy Ineke Ferdianti¹, Lisa Nur Afni¹, Kendid Mahmudi¹, Trapsilo Prihandono¹, Adhib Anshori¹ Anggrek A Siahaan²,

¹Universitas Jember

²Universitas Jambi

Abstract

Received: 07 Juni 2024
Revised: 12 Juni 2024
Accepted: 17 Juni 2024

Tanaman jagung memiliki peranan yang sangat penting dalam sektor pertanian dan ekonomi Indonesia. Sebagai sumber pangan utama dan mata pencaharian bagi jutaan petani di Indonesia, peningkatan kualitas jagung menjadi fokus utama dalam menghadapi perkembangan pengetahuan dan teknologi. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas jagung dan nilai ekonomisnya adalah melalui metode pemuliaan tanaman jagung menggunakan teknik iradiasi sinar gamma, yang dikenal sebagai (Gamma Ray Irradiation). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keuntungan dan kerugian dalam pemanfaatan sinar gamma dalam pertanian jagung. Metode penelitian yang digunakan adalah Article Review dengan mengumpulkan 20 artikel dari tahun 2010 hingga 2023. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan sinar gamma memberikan beberapa keuntungan bagi tanaman jagung, seperti membantu petani dalam menghasilkan bibit jagung yang unggul dan berkualitas, menciptakan keragaman fisiologis, dan mempermudah dalam seleksi bibit yang unggul. Namun, kekurangan dari metode ini adalah memerlukan biaya yang cukup besar.

Keywords: Jagung, Pemuliaan Tanaman, Sinar Gamma

(*) Corresponding Author: lialis09090802@gmail.com

How to Cite: Wati, L., Ferdianti, C., Afni, L., Mahmudi, K., Prihandono, T., Anshori, A., & Siahaan, A. (2024). Pemanfaatan Sinar Gamma Untuk Pemuliaan Tanaman Jagung. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(11), 383-389. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12698949>

PENDAHULUAN

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan tanaman yang memiliki peran strategis dalam pertumbuhan pertanian dan perekonomian Indonesia. Sebagai salah satu sumber utama karbohidrat, jagung menduduki peringkat ketiga di Asia setelah padi dan gandum, serta peringkat kedua di Indonesia setelah padi. Tanaman ini memegang peran krusial dalam pemenuhan kebutuhan pangan nasional (Iriany, 2011). Selain berperan sebagai sumber pangan, jagung juga memiliki fungsi sebagai pakan dan bahan bakar industri. Pertumbuhan tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, lingkungan, dan praktik budidaya yang diterapkan. Komposisi gen dalam genotip tanaman jagung memainkan peran kunci dalam menentukan kemampuan tanaman untuk beradaptasi secara genetik dengan lingkungannya. Keanekaragaman genetik tanaman jagung menyebabkan perbedaan dalam pertumbuhannya pada berbagai tahap usia, dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genetik yang bersifat dinamis (Pradana et al., 2022).

Proses pemuliaan tanaman dilakukan untuk memperbaiki karakteristik tanaman dan mengintroduksi sifat genetik baru ke dalam populasi baru. Hasil dari pemuliaan tanaman adalah kultivar dengan ciri-ciri yang diinginkan, seperti tingkat produksi yang tinggi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta

kemampuan untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang marginal. Pemuliaan tanaman menjadi tahap awal dalam mata rantai usaha pertanian (Ulfa et al., 2023). Dalam konteks pertanian, pemuliaan tanaman berperan penting dalam menciptakan varietas jagung yang superior, mampu mencapai pertumbuhan produksi yang optimal, dan dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan. Meningkatkan varietas unggul merupakan strategi untuk meningkatkan produktivitas, yang dapat dicapai melalui program pemuliaan tanaman, baik dengan menghasilkan kultivar bebas maupun hibrida (Hafid & Nangameka, 2019). Meskipun persilangan tetap menjadi metode utama dalam pemuliaan tanaman di Indonesia untuk meningkatkan sifat genetik, terdapat kendala dalam keterbatasan sumber genetik yang digunakan sebagai tetua dalam persilangan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan keragaman genetik populasi adalah melalui metode mutasi (Harsanti & Yulidar, 2015).

Untuk meningkatkan ketersediaan benih berkualitas, perlu dilakukan pengembangan jagung, dan salah satu metode yang digunakan adalah kegiatan pemuliaan mutasi. Pemuliaan mutasi merupakan cara untuk memperoleh benih jagung yang memiliki kualitas tinggi. Proses ini melibatkan induksi mutasi yang dapat mengubah susunan genetik tanaman. Perubahan ini mempengaruhi penampilan fenotip tanaman pada generasi berikutnya, termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, umur panen, dan hasil (Kusumawardana et al., 2018). Hugo de Vries merupakan tokoh yang pertama kali menggunakan istilah mutasi, menggambarkan perubahan fenotipe yang cepat dan menurun pada bunga *Oenothera lamarckiana*, yang disebabkan oleh penyimpangan kromosom (Soedjono, 2003). Selain menggunakan istilah mutasi, para peneliti juga telah memperkenalkan metode inovatif dalam upaya meningkatkan efisiensi pemuliaan tanaman jagung. Salah satu metodenya adalah pemanfaatan sinar gamma sebagai agen mutagenik.

Sinar gamma, sebagai bentuk sinar elektromagnetik dengan energi tinggi, telah terbukti efektif dalam memicu perubahan pada tingkat genetik. Teknik iradiasi sinar gamma sering digunakan untuk menginduksi mutasi, menjadi metode yang dapat langsung meningkatkan variasi genetik dalam pembentukan varietas tanaman. Proses iradiasi sinar gamma dilakukan untuk menentukan dosis yang optimal dalam pemuliaan tanaman. Penggunaan mutasi melalui radiasi sinar gamma berguna untuk meningkatkan variasi genetik, terutama pada tanaman yang memiliki variasi genetik yang rendah. Radiasi sinar gamma dapat menyebabkan mutasi yang mengubah struktur genetik tanaman, menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih cepat (Murtiyaningsih et al., 2023). Menurut penelitian Esnault et al. (2010), paparan radiasi ionisasi sinar gamma dalam sistem biologis dapat memicu berbagai reaksi kimia dan fisika yang menyebabkan kerusakan biologis. Marcu et al. (2013) menambahkan bahwa radikal bebas yang dihasilkan oleh radiasi tersebut memiliki kemampuan untuk mengubah sel tumbuhan, memengaruhi proses kimia dan biologi yang penting untuk kelangsungan hidup organisme tersebut.

Penelitian ini akan membahas pemanfaatan sinar gamma dalam konteks pemuliaan tanaman jagung dan potensinya untuk mengatasi tantangan pertanian yang semakin kompleks di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan

dapat memberikan kontribusi positif terhadap upaya peningkatan wawasan yang komprehensif dan relevan dalam pengembangan tanaman jagung.

METODE

Penelitian yang dilakukan pada bulan Oktober 2023 ini mengadopsi metode Article Review dengan penerapan teknik analisis data deskriptif. Dalam penelitian ini, pendekatan yang diterapkan adalah pendekatan kualitatif, sejalan dengan definisi penelitian kualitatif menurut Sugiyono (2010). Pendekatan kualitatif menekankan fokus pada perspektif subjek dan menggunakan peneliti sebagai instrumen utama untuk mengeksplorasi objek alamiah, dengan hasil penelitian yang lebih menekankan pada pemahaman proses dan makna.

Studi ini mencakup analisis terhadap sejumlah artikel yang relevan dengan subjek penelitian, dengan total 20 artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2010 hingga 2023. Proses pembacaan, pemahaman, dan perbandingan artikel-artikel tersebut menjadi langkah utama dalam penelitian ini. Selanjutnya, metode analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis data yang telah dikumpulkan. Penggunaan metode analisis deskriptif bertujuan untuk memberikan deskripsi atau gambaran yang akurat dan berdasarkan kenyataan tentang masalah, fenomena, dan hubungannya satu sama lain. Hasil analisis ini diharapkan dapat menyajikan temuan penelitian dan membandingkannya dengan hasil penelitian sebelumnya guna mendukung pemahaman yang lebih mendalam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sinar radiasi gamma digunakan untuk perbaikan genetik varietas tanaman yang kurang dimanfaatkan.. Sinar gamma dapat menginduksi mutasi genetik yang bermanfaat, meningkatkan keragaman genetik pada tanaman, dapat meningkatkan produksi metabolit sekunder pada tanaman dan memiliki potensi dalam meningkatkan karakteristik agronomi dan produksi tanaman (Riviello-Flores et al., 2022). Menurut Yadav et al., (2019) radiasi gamma dapat memiliki efek positif atau negatif terhadap pertumbuhan, hasil panen, dan atribut fisiologis pada tanaman jagung, tergantung pada dosisnya. Dosis rendah radiasi gamma (<0,2 kGy) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen, dan atribut fisiologis seperti laju fotosintesis dan kandungan klorofil. Namun, dosis tinggi radiasi gamma (>0,5 kGy) dapat merugikan perkecambahan, panjang bibit, dan vigor bibit.

Dalam proses penyinaran menggunakan sinar Gamma, jumlah radiasi yang diterima akan mempengaruhi sifat-sifat yang dimiliki oleh individu tersebut. Oleh karena itu, agar dapat menghasilkan individu yang dapat bertahan terhadap kekeringan, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengevaluasi genotip-genotip yang muncul setelah terkena radiasi. Evaluasi ini dilakukan dengan memberikan radiasi sinar gamma pada tanaman menggunakan berbagai tingkat dosis, terutama dalam kondisi kekurangan air. Setelah itu, genotip-genotip yang menunjukkan respons positif seharusnya ditanam di berbagai tempat, terutama di daerah-daerah yang secara alami cenderung kering. Keseluruhan, proses ini bertujuan untuk menciptakan keragaman genetik yang dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan. Mutasi, sebagai hasil dari perubahan

genetik yang mencakup variasi kromosom, menjadi kunci dalam menciptakan keragaman genetik ini (Soeranto, 2003).

Faktor kunci yang memengaruhi pembentukan muatan dalam konteks ini adalah dosis iradiasi. Dosis iradiasi diukur dalam satuan Grey (Gy), dengan 1 Gy setara dengan 0.10 krad, atau 1 Joule energi per kilogram iradiasi yang diterapkan. Dosis iradiasi terbagi menjadi tiga kategori, yaitu tinggi (>10 k Gy), sedang (1-10 k Gy), dan rendah (>1 k Gy). Perlakuan dengan dosis tinggi memiliki efek mematikan terhadap materi yang mengalami mutasi atau dapat menyebabkan sterilisasi. Secara umum, dosis rendah memiliki kemampuan untuk mempertahankan kehidupan atau pertumbuhan tunas tanaman. Dosis rendah juga dapat memperpanjang waktu kemasakan buah dan sayuran, serta meningkatkan kadar pati, protein, dan minyak pada biji jagung, kacang, dan bunga matahari. Tanaman yang mengalami mutasi juga menunjukkan daya tahan yang lebih baik terhadap serangan patogen dan kekeringan. Hal ini disebabkan oleh perubahan dalam susunan genetik tanaman akibat iradiasi sinar gamma. Sebagai contoh, tanaman yang awalnya tidak toleran terhadap kekeringan dapat menjadi lebih tahan terhadap kondisi kekeringan setelah mengalami iradiasi sinar gamma (Micke & Donini, 1993).

Banyak studi penelitian telah dilakukan untuk melakukan perbaikan genetik pada tanaman jagung. Makhziah et al. (2017) melaksanakan penelitian dengan tujuan mengevaluasi karakter morfologi dan agronomi pada tiga varietas jagung, yaitu Bisma, Gumarang, dan lokal Madura, yang telah mengalami radiasi menggunakan sinar gamma ^{60}Co . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis sinar gamma ^{60}Co memiliki dampak signifikan pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Semakin tinggi dosis sinar gamma ^{60}Co maka semakin menurun tinggi tanaman, jumlah daun, berat biji per tanaman, dan jumlah biji yang dihasilkan. Varietas Bisma terbukti memiliki pertumbuhan dan hasil yang lebih optimal jika dibandingkan dengan varietas Gumarang dan lokal Madura, karena memiliki umur masak yang lebih lama.

Syafi'i & Pratama (2021) melakukan penelitian untuk mencari interaksi yang optimal antara galur dan dosis iradiasi sinar gamma guna menghasilkan keragaman fisiologis dan kandungan gula mutan pada jagung manis. Penelitian ini melibatkan penggunaan benih dari lima galur jagung manis yang telah diinduksi sinar gamma ^{60}Co , dengan penerapan perlakuan menggunakan pupuk kandang, pupuk urea, pupuk KCl, pupuk SP-36, dan Furadan 3G. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara galur jagung manis dan dosis iradiasi sinar gamma terhadap berbagai variabel pengamatan, termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, bobot tongkol dengan kelobot, bobot tongkol tanpa kelobot, panjang tongkol dengan kelobot, panjang tongkol tanpa kelobot, diameter tongkol dengan kelobot, diameter tongkol tanpa kelobot, kadar gula, luas daun, dan indeks luas daun. Perlakuan terbaik secara keseluruhan ditemukan pada G1M1 (galur MS-002 dengan dosis 100 Gy).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Widiayani (2016), tujuan utamanya adalah untuk mengevaluasi daya kecambah benih dari beberapa varietas jagung dalam respons terhadap berbagai tingkat radiasi sinar gamma dan tingkat salinitas. Dalam penelitian ini, empat dosis iradiasi sinar gamma digunakan, yaitu 0, 100, 500, dan 1000 Gy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat radiasi tertentu

memiliki dampak optimal pada pertumbuhan jagung, dengan varietas Sukmaraga menunjukkan respons terbaik pada dosis radiasi sinar gamma sebesar 100 Gy.

Pasangka (2010) melakukan penelitian menggunakan sumber radiasi multigamma sebagai mutagen untuk meningkatkan kualitas tanaman jagung lokal di Timor Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan radiasi multigamma, seleksi, dan persilangan dalam pemuliaan tanaman jagung lokal (jagung kuning lokal dan jagung putih lokal) menghasilkan bibit yang lebih unggul dan berkualitas. Bibit ini memiliki karakteristik yang lebih lengkap daripada target awal penelitian. Pendekatan ini memberikan manfaat dengan menyediakan bibit jagung lokal yang lebih baik dan berkualitas bagi para petani. Selain itu, metode ini juga mempermudah seleksi bibit yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Meskipun demikian, terdapat beberapa kekurangan dalam pengembangan bibit menggunakan metode ini. Harga bibit cenderung cukup tinggi, dan biaya pengembangannya memerlukan investasi finansial yang signifikan. Meskipun demikian, penelitian ini membuktikan bahwa metode radiasi multigamma dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan kualitas dan keunggulan bibit jagung lokal, meskipun dengan pertimbangan biaya yang perlu diperhatikan.

Dalam studi oleh Kurniati et al. (2015), ditemukan bahwa peningkatan dosis radiasi berkaitan dengan penurunan kadar air, gugus fungsi serat, dan karbohidrat pada klobot jagung. Intensitas penyerapan juga menurun seiring dengan dosis radiasi yang meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi 5 kGy dianggap sebagai dosis yang efektif untuk menghasilkan klobot jagung dengan kadar air memadai, struktur kristalin optimal, dan daya tahan yang lebih baik. Temuan ini memberikan potensi untuk pengembangan lebih lanjut. Penelitian ini melibatkan iradiasi klobot jagung berukuran 60 mesh menggunakan sinar gamma dari sumber kobalt 60, dengan variasi dosis radiasi 0, 5, dan 10 kGy untuk mengevaluasi perubahan struktur molekul pada klobot jagung.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Octadianto et al. (2023), dilakukan eksplorasi terhadap dampak iradiasi sinar gamma ^{60}Co pada tanaman jagung ungu pada dosis 100 Gy, khususnya pada galur mutan (M1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma ^{60}Co pada dosis 100 Gy secara signifikan mempengaruhi keragaman karakter kuantitatif pada tanaman jagung ungu. Karakteristik yang diamati melibatkan tinggi tanaman, jumlah daun di atas tongkol, indeks anakan, rebah batang, umur bunga jantan, umur bunga betina, tinggi kedudukan tongkol, dan bobot 1000 butir.

KESIMPULAN

Proses radiasi sinar gamma melibatkan paparan bahan atau objek terhadap radiasi elektromagnetik dalam bentuk sinar gamma. Dalam konteks pertanian jagung, metode ini telah terbukti memberikan sejumlah manfaat. Iradasi sinar gamma secara khusus dapat meningkatkan produksi bibit jagung yang unggul dan berkualitas, menciptakan keragaman fisiologis, dan mempermudah proses seleksi bibit unggul. Meski demikian, kekurangan dari metode ini adalah biaya yang diperlukan yang cukup besar. Sinar gamma dapat memicu mutasi genetik, meningkatkan keragaman genetik, serta karakteristik agronomi tanaman jagung.

Efek sinar gamma terhadap pertumbuhan dan atribut fisiologis tanaman jagung bervariasi tergantung pada dosisnya. Dosis rendah cenderung memberikan efek positif, sementara dosis tinggi dapat memiliki efek negatif. Meskipun demikian, penggunaan iradiasi sinar gamma pada produk pangan masih menjadi topik perdebatan, dan pemantauan ketat diperlukan untuk memastikan keamanan pangan. Sejumlah negara telah menerapkan regulasi ketat terkait penggunaan teknologi ini pada produk pangan. Oleh karena itu, sebelum menerapkan metode ini, penting untuk mempertimbangkan regulasi, aspek etika, dan dampak keseluruhan terhadap kesehatan dan lingkungan.

REFERENCES

- Esnault, M. A., Legue, F., & Chenal, C. (2010). Ionizing Radiation: Advances in Plant Response. *Environmental, Experimental Botany*, 68(3), 231–237.
- Hafid, A., & Nangameka, Y. (2019). ANALISIS POLA KEMITRAAN PEMBENIHAN JAGUNG PT BISI INTERNATIONAL Tbk DENGAN PETANI TERHADAP PENDAPATAN USAHATANI JAGUNG DI KABUPATEN SITUBONDO. *Agribios*, 17(1), 42. <https://doi.org/10.36841/agribios.v17i1.884>
- Harsanti, L., & Yulidar. (2015). Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan awal tanaman kedelai (*Glycine max* (L) merill) Varietas Denna II. *PAIR- BATAN, Jakarta Selatan*.
- Hidayati, N., Sukamto, L. A., & Juhaeti, T. (2017). Pengujian ketahanan kekeringan pada tanaman garut (*Maranta arundinacea* L.) hasil mutasi dengan radiasi sinar gamma. *Jurnal Biologi Indonesia*, 8(2).
- Iriany, M. R. . (2011). Analisis jarak genetik berdasarkan marka SSRs dan morfologi serta analisis daya gabung untuk pembentukan hibrida jagung manis (*Zea mays* L. var. *Saccharata*). *IPB Bogor, [Tesis]*.
- Kurniati, M., Dewi, S. U., & Dirgantara, M. (2015). EFEK RADIASI SINAR GAMMA TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MOLEKUL KLOBOT JAGUNG UNTUK APLIKASI BAHAN BAKU BOKOMPOSIT. *Jurnal Biofisika*, 10(2), 36–45.
- Kusumawardana, V. R., Makhziah, & Moeljani, I. R. (2018). Keragaan Fenotip Mutan Jagung Varietas Madura. *Plumula*, 6(1), 14–22.
- Makhziah, Sukendah, & Koentjoro, Y. (2017). Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Cobalt-60 Terhadap Sifat Morfologi dan Agronomi Ketiga Varietas Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 22(1), 41–45.
- Marcu, D., Damian, G., Cosma, C., & Cristea, V. (2013). Gamma Radiation Effects On Seed Germination, Growth And Pigment Content, And ESR Study Of Induced Free Radicals In Maize (*Zea mays*). *Journal Biology and Physics*, 39(4), 625–634.
- Micke, A., & Donini, B. (1993). Induced Mutation In. Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I, Editor. *Plant Breeding Principles and Prospects, Chapman & Hall*.
- Murtiyaningsih, H., Suroso, B., & ... (2023). Keragaan Tanaman Sorgum Lokal Mutan 1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Penelitian ...*, 8(2), 174–179. http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/PENELITIAN_IPTEKS/article/

- view/18198%0Ahttp://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/PENELITIAN_IPTEKS/article/download/18198/4581
- Octadianto, M. F., Makhziah, & Djarwatiningsih, P. S. (2023). PENAMPILAN SIFAT KUANTITATIF GALUR MUTAN (M1) JAGUNG UNGU (*Zea mays* L.) AKIBAT IRADIASI SINAR GAMMA 60Co PADA DOSIS 100 Gy. *Plumula*, 1.
- Pasangka, B. (2010). THE BREEDING OF LOCAL CORN BY MULTIGAMMA RADIATION METHOD (NUCLEAR) IN WEST TIMOR NUSA TENGGARA TIMUR. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 3(1).
- Pradana, F. N., Syafi'i, M., & Pirngadi, K. (2022). Karakterisasi Morfologi dan Komponen Hasil Beberapa Calon Hibrida Jagung Manis (*Zea mays* L. saccharata Sturt) MS-UNSIKA di Dataran Tinggi Wanayasa Purwakarta. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 1(7), 32–38. <https://doi.org/10.33661/jai.v7i1.6102>
- Riviello-Flores, M. de la L., Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L. D. M., Arévalo-Galarza, M. de L., Castillo-Juárez, I., Hernández, M. S., & Castillo-Martínez, C. R. (2022). Use of Gamma Radiation for the Genetic Improvement of Underutilized Plant Varieties. *Plants*, 11(9), 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants11091161>
- Soedjono, S. (2003). Aplikasi mutasi induksi dan variasi somaklonal dalam pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(2), 70–78.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. ALFABETA.
- Syafi'i, M., & Pratama, M. L. T. (2021). KERAGAAN KARAKTER FISILOGI DAN KANDUNGAN GULA MUTAN BEBERAPA GALUR JAGUNG MANIS (*Zea mays* L. Saccharate Sturt.) HASIL IRADIASI SINAR GAMMA PADA GENERASI M1. *AGRITECH*, 23(1).
- Ulfa, M., Arlina, S., & Fevria, R. (2023). *Pemuliaan Tanaman dengan Kromosom Sebagai Penanda Genetik Pada Tanaman*. 1953, 722–729.
- Widiyani, N. (2016). DAYA KECAMBAH BENIH BEBERAPA VARIETAS JAGUNG PADA BERBAGAI TINGKAT RADIASI SINAR GAMMA DAN TINGKAT SALINITAS. *Jurnal Agrotan*, 2(1).
- Yadav, A., Singh, B., & Singh, S. D. (2019). Impact of gamma irradiation on growth, yield and physiological attributes of maize. *Indian Journal of Experimental Biology*, 57(February), 116–122.