



Jurnal Agroteknologi

Journal homepage: <https://talenta.usu.ac.id/joa>



Karakteristik Morfologi dan Heritabilitas Populasi M₂ Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.)

Hafiza Adlina Afni^{*1} , Diana Sofia Hanafiah² 

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

*Corresponding Author: diana.hanafiah@usu.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 10 Oktober 2025

Revised : 16 November 2025

Accepted : 23 Desember 2025

Available online

<https://talenta.usu.ac.id/joa>

E-ISSN: [2963-2013](#)

P-ISSN: [2337-6597](#)

How to cite:

Afni, H.A., dan Diana, S.H. (2025). Karakteristik Morfologi dan Heritabilitas Populasi M₂ Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.): *Jurnal Agroteknologi*, 14(1), 1-8.

ABSTRACT

Sunflowers (*Helianthus annuus* L.) are plants from the Compositae family that are used in food, cosmetics, and agriculture. However, the production of sunflowers used for commercial purposes has not been maximized, so the use of superior varieties is needed to increase sunflower diversity. This study aims to obtain genetic diversity from gamma ray irradiation mutation in the M₂ population of IPB BM1 sunflower varieties. This study was conducted at the Faculty of Agriculture, University of North Sumatra, from November 2024 to April 2025. This study used descriptive statistical analysis consisting of two treatments, namely the IPB BM 1 variety M₂ population resulting from gamma ray irradiation at a dose of 100 Gy and using variance analysis and heritability values. Overall, the effect of 100 Gy gamma ray irradiation on the M₂ population showed significant differences compared to the control plant population, except for the number of flower branches and one plant individual that showed a significant decrease in plant height. The highest genetic variance was found in the number of main flower seeds with moderate heritability. Morphological changes in mutant plants were found in the leaves and flowers, where the leaves underwent a change in shape in the form of folds on both sides and a change in the shape of the flowers in the corolla with uneven sizes and spacing.

Keyword: sunflower, *heritability*, *morphology*, *gamma ray mutation*, *M₂ population*.

ABSTRAK

Bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) merupakan tanaman dari famili *compositae* yang dimanfaatkan dalam bidang pangan, kosmetik dan bidang pertanian. Produksi bunga matahari yang digunakan sebagai penghasil komersil belum maksimal, sehingga diperlukan penggunaan varietas unggul untuk meningkatkan keragaman bunga matahari. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh keragaman genetik hasil mutasi iradiasi sinar gamma pada populasi M₂ tanaman bunga matahari varietas IPB BM1. Penelitian ini dilakukan di Lahan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara pada bulan November 2024 sampai dengan April 2025. Penelitian ini menggunakan metode analisis statistik deskriptif yang terdiri dari dua perlakuan yaitu varietas IPB BM 1 populasi M₂ hasil iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy dan menggunakan analisis nilai ragam serta nilai heritabilitas. Secara keseluruhan pengaruh perlakuan iradiasi sinar gamma 100 Gy populasi M₂ menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan populasi tanaman kontrol, kecuali pada karakter jumlah cabang bunga dan terdapat satu individu tanaman yang menunjukkan penurunan tinggi tanaman yang signifikan. Nilai ragam genetik tertinggi terdapat pada karakter jumlah biji bunga utama dengan nilai heritabilitas sedang. Perubahan morfologi tanaman mutan terdapat dibagian daun dan bunga, dimana daun mengalami perubahan bentuk berupa lipatan dikedua sisinya dan perubahan bentuk bunga pada mahkota dengan ukuran yang tidak seragam, dan berjarak.

Kata kunci: bunga matahari, *heritabilitas*, *morfologi*, *mutasi*, *sinar gamma*, populasi M₂



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<http://doi.org/10.32734/ja.v14i1.24309>

1. Pendahuluan

Bunga matahari memiliki nama latin (*Helianthus annuus* L.) merupakan salah satu tanaman yang berasal dari Amerika Utara bagian Timur, tanaman ini termasuk dalam famili *Compositae*. Bunga matahari memiliki manfaat dalam bidang pangan, industri, kosmetik dan bidang pertanian (Wahyudi *et al.*, 2022). Benih bunga matahari sudah banyak tersebar yang dimanfaatkan sebagai produksi tanaman hias dan juga produksi minyak bunga matahari. Namun, produksi bunga matahari yang digunakan sebagai penghasil komersil belum maksimal di Indonesia, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya terbatasnya pengetahuan mengenai nilai ekonomis bunga matahari, pengelolaan yang tidak efektif terhadap kondisi lingkungan dan minimnya informasi mengenai bunga matahari (Farida, 2018).

Mutasi merupakan salah satu teknik pemuliaan tanaman yang digunakan sebagai perbaikan genetik suatu tanaman. Mutasi dapat terjadi secara alami atau buatan, salah satu mutasi buatan secara fisik ialah sinar iradiasi. Iradiasi sinar gamma merupakan mutasi yang digunakan untuk menginduksi perubahan genetik di dalam sel somatik yang diturunkan, sehingga terjadi peningkatan viabilitas dan menghasilkan mutan baru. Iradiasi dapat menginduksi perubahan struktur kromosom, pada dosis rendah dapat menyebabkan terjadinya delesi, dan pada dosis tinggi dapat menimbulkan duplikasi, inversi dan translokasi (Nurchasanah *et al.*, 2022).

Mutasi fisik menyebabkan terjadinya perubahan pada tingkat genom, kromosom, dan DNA sehingga proses fisiologi pada tanaman menjadi tidak normal dan menghasilkan variasi genetik baru. Daya serap terhadap bahan mutasi yang rendah pada bagian vegetatif tanaman mengakibatkan sinar iradiasi lebih baik daripada mutasi kimia (Balai Penelitian Pertanian, 2011). Sinar gamma merupakan salah satu bahan fisik yang digunakan sebagai agen mutasi yang dapat mempertahankan status diploid pada bunga matahari, serta mengakibatkan perubahan tanaman yang berbeda dengan indukannya dan terbentuknya jenis sifat baru (Suwarno *et al.*, 2013).

Penelitian mutasi fisik pada benih matahari sebelumnya Sinulingga (2024) menggunakan dosis penyinaran sebesar 50, dan 100 Gy pada bunga matahari varietas IPB BM-1 yang berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah cabang, diameter batang, diameter bunga, diameter bunga tabung, lebar daun dan umur berbunga. Hasil dari pengamatan yang dilakukan terhadap tanaman bunga matahari terlihat adanya penampilan fenotipe baru pada perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy yang dibandingkan dengan penggunaan dosis 50 Gy.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melanjutkan penelitian ini yang bertujuan untuk memperoleh keragaman genetik tampilan morfologi pada populasi M₂ bunga matahari dengan dosis 100 Gy.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di lahan penelitian Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara dengan ketinggian ± 32 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November sampai dengan April 2025. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu bunga matahari varietas IPB BM 1, *top soil*, sekam padi, kompos, pupuk NPK dan pupuk gandasil D. Alat yang digunakan yaitu cangkul, handsprayer, gembor, batu bata, *polybag*, kamera, meteran dan jangka sorong.

Penelitian ini menggunakan metode analisis statistik deskriptif dengan penentuan sampel yang digunakan yaitu: G0 = Tanaman bunga matahari varietas IPB BM 1 tanpa perlakuan; G1 = Tanaman bunga matahari varietas IPB BM 1 dengan pemberian sinar gamma dosis 100 Gy populasi M₂. Jumlah sampel tanaman G0 yang digunakan sebanyak 20 tanaman, dan tanaman G1 sebanyak 70 Tanaman. Data hasil penelitian dianalisis secara statistik deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata (mean) dan simpangan baku (standart deviation) kemudian dianalisis lanjutan menggunakan uji T-independent (Independent sample T-Test) dan analisis dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien ragam lingkungan, keragaman genetik dan fenotipe serta nilai heritabilitas. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), Jumlah cabang (cabang), diameter bunga tabung (mm), diameter bunga pita (cm), jumlah biji bunga utama (butir) serta perubahan pada karakter kualitatif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Kuantitatif

Pada hasil uji T independent menunjukkan bahwa tanaman tanpa perlakuan iradiasi sinar gamma 0 Gy memiliki perbedaan sangat nyata dengan tanaman M₂ perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy pada parameter tinggi tanaman, diameter bunga tabung, diameter bunga pita, jumlah biji bunga utama, dan umur bunga mekar sedangkan karakter jumlah cabang bunga tidak berbeda nyata dengan tanaman M₂ perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy.

Tabel 1. Perbedaan keragaan morfologi tanaman mutan dengan tanaman kontrol dengan dosis 100 Gy pada populasi M₂

Karakter	Perlakuan	
	0 Gy (Tanpa Perlakuan)	100 Gy
Tinggi Tanaman (cm)	157.07± 9.52	125.00**±10.10
Jumlah Cabang Bunga (cabang)	5.95±1.05	5.84 ^{tn} ±1.42
Diameter Bunga Tabung (mm)	97.11±5.63	85.36**±5.98
Diameter Bunga Pita (cm)	17.50±1.04	15.57**±1.12
Umur Bunga Mekar (HST)	100.00±2.73	97.42*±3.70
Jumlah Biji Bunga Utama (Butir)	227.00±77.85	379.80**±88.15

Analisa data dengan menggunakan uji T dengan taraf $\alpha = 5\%$, keterangan: * = nyata, ** = sangat nyata, tn = tidak nyata

Berdasarkan data yang dilampirkan pada Tabel 1, diketahui bahwa hasil uji T-Independent populasi M₂ perlakuan iradiasi sinar gamma 100 Gy menunjukkan perbedaan sangat nyata terhadap tanaman tanpa perlakuan (kontrol) pada karakter tinggi tanaman, diameter bunga tabung, diameter bunga pita, jumlah biji bunga utama, dan umur bunga mekar, sedangkan karakter jumlah cabang bunga menunjukkan tidak berbeda nyata dengan tanaman M₂ perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan sangat nyata pada karakter tinggi tanaman yang terdapat pada salah satu individu yang menunjukkan penurunan tinggi tanaman yang signifikan dibandingkan tanaman kontrol. Pendapat Nura *et al* (2015) menyatakan perubahan tinggi tanaman M₂ yang semakin rendah diduga karena rusaknya DNA akibat iradiasi sinar gamma. Penyinaran iradiasi sinar gamma menyebabkan terjadinya mutasi fisik dengan mengalami perubahan pada tingkat genom, kromosom dan DNA.

Iradiasi dengan dosis yang tinggi akan mengalami penurunan ukuran diameter bunga tabung, dan diameter bunga pita. Penurunan dan kenaikan rata-rata tanaman yang memiliki variasi menunjukkan bahwa iradiasi bersifat acak dan berpengaruh dalam mempercepat umur berbunga, dimana mampu mengurangi lama waktu pemanenan, sehingga pada karakter umur panen biji pada populasi M₂ lebih cepat dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal ini terdapat dalam penelitian Khotimah (2007) yang menyatakan bahwa budidaya bunga matahari menghasilkan umur inisiasi bunga matahari sekitar 19-22 HST. Iradiasi memberikan pengaruh dalam mempercepat umur inisiasi bunga matahari yang mampu mengurangi lamanya waktu pemanenan. Inisiasi merupakan munculnya awal pembungaan atau cikal bakal bunga pada suatu tanaman.

Perbedaan jumlah biji tergantung dari besar kecilnya diameter bunga tabung pada setiap dosis yang diberikan, pada jumlah biji populasi M₂ menghasilkan biji lebih banyak dibandingkan tanaman kontrol. Hal ini selaras dengan pendapat Fan *et al* (2003) dalam Zanzibar dan Sudrajat (2009) bahwa sinar gamma memberikan pengaruh radikal bebas yang dapat merangsang respon stress pada tanaman, sehingga tanaman menghasilkan peningkatan asam polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghasilkan jumlah biji lebih banyak.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy pada populasi M₂ tidak berbeda nyata terhadap tanaman tanpa perlakuan pada karakter jumlah cabang bunga, hal ini menandakan bahwa karakter tersebut tidak responsif terhadap perlakuan mutagen, atau memiliki stabilitas genetik yang tinggi pada varietas yang digunakan sehingga tetap menampilkan karakter seperti tanaman induknya. Hal ini sesuai dengan pendapat Oeliem *et al* (2008) bahwa tidak semua fase pertumbuhan dapat merespon mutasi

secara seragam, tergantung reaktivitas jaringan tanaman dan pengaruh iradiasi yang mampu menembus dinding sel sehingga menyebabkan terjadinya mutasi yang bersifat acak.

Tabel 2. Presentase Tanaman M₂ Yang Bermutasi Dosis 100 Gy

Bagian Tanaman yang Bermutasi	Perlakuan
	100 Gy
Daun	4.2%
Bunga	4.2%

Berdasarkan data yang dilampirkan pada Tabel 2, dihasilkan presentase yang menunjukkan bahwa tanaman M₂ perlakuan iradiasi sinar gamma 100 Gy menyebabkan tanaman mengalami mutasi pada karakter morfologi daun dan bunga sebesar 4,2% dari keseluruhan populasi tanaman M₂ yang diiradiasi. Penampilan morfologi pada daun dan bunga memiliki nilai sebesar 4,2% yang menyatakan keberhasilan iradiasi dalam menghasilkan mutan dengan fenotipe baru. Meskipun persentasenya tidak terlalu tinggi, hal ini tetap menunjukkan adanya variasi visual yang berpotensi digunakan dalam seleksi lanjutan (Monikasari *et al.*, 2018).

Tabel 3. Nilai Ragam dan Heritabilitas Pada Populasi M₂ Dosis 100 Gy

Karakter	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_p	$h^2(\%)$	Kriteria
Tinggi Tanaman (cm)	90,72	11,34	102,06	11	(r)
Jumlah Cabang Bunga (cabang)	1,10	0,92	2,02	45	(s)
Diameter Bunga Tabung (mm)	31,70	4,16	35,87	12	(r)
Diameter Bunga Pita (cm)	1,09	0,18	1,27	14	(r)
Umur Bunga Mekar (HST)	7,47	6,28	13,76	46	(s)
Jumlah Biji Bunga Utama (Butir)	6061,89	1708,62	7770,51	22	(s)

Keterangan : σ^2_e = ragam lingkungan, σ^2_g = ragam genetik, σ^2_p = ragam fenotip, h^2 = heritabilitas, r = rendah, s = sedang.

Berdasarkan data yang dilampirkan pada Tabel 3, dihasilkan nilai ragam genetik pada populasi tanaman M₂ hasil iradiasi sinar gamma 100 Gy tertinggi pada parameter jumlah biji bunga utama yang memiliki nilai ragam genetik sebesar 1708,62. Nilai heritabilitas yang menunjukan kriteria nilai sedang paling tinggi terdapat pada parameter umur bunga mekar dengan nilai sebesar 46%. Menurut Purba *et al* (2013) bahwa kategori nilai heritabilitas sedang menunjukan karakter tersebut memiliki pengaruh faktor genetik yang sama besar dengan faktor lingkungan, yang berarti karakter tersebut akan diwariskan ke generasi berikutnya. Hal ini disebabkan karena pengaruh faktor lingkungan cukup besar dalam mempengaruhi fenotipe.

Nilai heritabilitas tinggi berperan dalam meningkatkan efektifitas seleksi, semakin tinggi heritabilitas maka suatu karakter semakin mudah untuk diwariskan pada generasi berikutnya atau seleksi. Nilai heritabilitas rendah menunjukan bahwa faktor lingkungan lebih besar berpengaruh dalam fenotipe (penampilan) dibandingkan faktor genetik. Hal ini didukung oleh Sihombing, Hanafiah dan Husni (2016) bahwa nilai heritabilitas yang tinggi disebabkan oleh lingkungan yang relatif homogen, sedangkan nilai heritabilitas rendah disebabkan lingkungan yang tidak homogen. Hal ini menunjukkan bahwa penampilan suatu karakter dengan heritabilitas tinggi lebih dipengaruhi oleh faktor genetik daripada faktor lingkungan.

3.2 Data Kualitatif



Gambar 1. Penampilan Daun Tanaman Bunga Matahari Tanpa Perlakuan

Tampilan morfologi daun bunga matahari dapat dilihat pada Gambar 1. Morfologi daun bunga matahari tanpa perlakuan memiliki ciri-ciri daun berbentuk bulat telur hingga hampir hati (*cordate*), memiliki ujung daun yang runcing dan memiliki permukaan berbulu kasar.

Tabel 4. Tampilan Morfologi Daun Mutan Populasi M₂ Dosis 100 Gy

No.	Individu	Kriteria
1.		Muncul perubahan bentuk daun berupa bengkok pada sisi bagian bawah ujung daun
2.		Tulang daun mengalami perubahan bentuk berupa lengkungan kebawah pada ujung daun.
3.		Permukaan dan bentuk daun berlipit membentuk lekukan pada kedua sisi daun.

Tabel 4 melampirkan penampilan daun mutan yang mengalami perubahan bentuk daun berupa bengkok dan melengkung pada sisi bagian bawah daun, yang dapat dibandingkan dengan bentuk daun tanpa perlakuan yang memiliki tampilan bentuk daun normal.



Gambar 2. Penampilan Bunga Matahari Tanpa Iradiasi

Tampilan morfologi tanaman bunga matahari tanpa perlakuan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Morfologi tanaman bunga matahari tanpa perlakuan memiliki ciri-ciri warna mahkota bunga (*ray flower*) berwarna kuning, memiliki bentuk mahkota bunga memanjang atau lonjong (*elongated*), dan bentuk diameter bunga tabung yang bulat.

Tabel 5. Tampilan Morfologi Bunga Mutan Populasi M_2 Dosis 100 Gy.

No.	Individu	Kriteria
1.		Mahkota bunga tersusun berjarak, panjang helai mahkotanya tidak seragam, bentuk bunga tabung miring tidak simetris.
2.		Mahkota bunga memiliki ukuran yang tidak seragam dengan bentuk helai mahkota tidak sama panjang.
3.		Mahkota bunga yang tersusun berjarak.

Tampilan morfologi tanaman bunga matahari mutan yang mengalami perubahan dapat dilihat pada Tabel 5. Bentuk morfologi bunga mutan menghasilkan bunga tabung yang memiliki bentuk miring tidak simetris dan mahkota bunga yang berjarak dengan ukuran tidak seragam yang dihasilkan oleh populasi M_2 iradiasi sinar gamma dosis 100 Gy. Perubahan morfologi bunga mutan dapat dibandingkan dengan bentuk bunga tanpa perlakuan dengan tampilan bunga normal yang dilampirkan pada Gambar 2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada populasi M₂ pengaruh perlakuan iradiasi sinar gamma 100 Gy menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan populasi tanaman kontrol pada karakter tinggi tanaman, diameter bunga tabung, diameter bunga pita, umur bunga mekar dan jumlah biji bunga utama, kecuali pada karakter jumlah cabang bunga. Nilai ragam genetik tertinggi terdapat pada parameter jumlah biji bunga utama dan memiliki nilai heritabilitas sedang.

Daftar Pustaka

- Balai Penelitian Pertanian. (2011) 'Pemanfaatan Sinar Radiasi dalam Pemuliaan Tanaman' Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Vol 33 (1):7-8.
- Fan, X., Toivonen, P.M.A., Rajkowski, K.T., and Sokorai, K.J.B. (2003). 'Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduces undesirable effects of irradiation on the quality of fresh-cut iceberg lettuce'. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:1231–1236.
- Farida, D. G. (2018). 'Fenologi dan karakterisasi morfo-agronomi tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) pada kawasan tropis' Universitas Brawijaya).
- Khotimah. (2007) 'Karakterisasi pertumbuhan dan perkembangan berbagai varietas bunga matahari (*Helianthus annuus* L.)' Pemuliaan Tanaman dan Teknologi Benih. Institut Pertanian Bogor.
- Monikasari, I. N. S., Anwar, S., dan Kristanto, B. A. (2017) 'Keragaman M₁ Tanaman Hias Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.) Akibat Penyinaran Iradiasi Sinar Gamma' (Doctoral dissertation, Fakultas Peternakan Dan Pertanian Undip).
- Nura., M. N. Syukur., Khumaida., dan Widodo. (2015). 'Radiosensitivitas dan heretabilitas ketahanan terhadap penyakit antraknosa pada tiga populasi cabai yang diinduksi iradiasi sinar gamma'. *J. Agron. Indonesia*. 43 (3) : 201 – 206.
- Nurchasanah, S., Fitrianto, A. P., Suparto, S. R., Purwanto, P., & Oktaviani, E. (2022) 'Parameter Kualitatif Mutan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Setelah Iradiasi Sinar Gamma' J-PEN Borneo: *Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(2).
- Oeliem, T. M. H., S. Yahya, D. Sofia, dan Muhdi. (2008). 'Perbaikan Genetik Kedelai Melalui Mutasi Induksi Sinar Gamma Untuk Menghasilkan Varietas Unggul dan Tahan Terhadap Cekaman Kekeringan'. USU, Medan
- Purba, K. R. P. R., Bayu, E. B., & Nuriadi, I. (2013). 'Induksi mutasi radiasi sinar gamma pada beberapa varietas kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill)'. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 1(2), 94420.
- Sihombing, Y. B. L., Hanafiah, D. S., & Husni, Y. (2016). 'Seleksi Individu M₃ Berdasarkan Karakter Umur Genjah Dan Produksi Tinggi Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Individual Selection of M₃ Based on the Character of TIME Early Ripening and High Production Soybean Plant (*Glycine Max* L. Merrill)'. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 4(4).
- Sinulingga, S. G. N. (2024) 'Analisis Karakteristik Populasi M₁ Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.) Hasil Iradiasi Sinar Gamma Berdasarkan Karakter Morfologi' *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Suwarno, A., N. A. Habibah., dan L. Herlina. (2013) 'Respon pertumbuhan planlet anggrek (*Phalaenopsis amabilis* L.) var. jawa candiochid akibat radiasi Sinar gamma' *Unnes Journal of Life Science*. 2 (2): 78-84.
- Wahyudi, A., Rahmasari, M., Nazirwan, N., & Sari, M. F. (2022) 'Keragaman empat aksesi bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) menggunakan penanda morfologi' *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(1), 103-109.
- Zanzibar dan Sudrajat. (2009). 'Prospek dan Aplikasi Teknologi Iradiasi Sinar Gamma Untuk Perbaikan Mutu Benih dan Bibit Tanaman Hutan'. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan