

Keragaan Tanaman Sorgum Lokal Mutan 1 Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Hidayah Murtiyaningsih¹, Bejo Suroso¹, Aldi Hendriyanto¹, Laras Sekar Arum^{1*}

¹Universitas Muhammadiyah Jember

e-mail Correspondensi: larassekararum@unmuhjember.ac.id*

ABSTRAK

Tanaman sorgum memiliki potensi yang tinggi selain padi dan jagung, sebagai sumber pangan, pakan, dan bioenergi. Pemuliaan tanaman merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas maupun kuantitas dari tanaman. Pemuliaan modern melalui mutasi banyak dikembangkan untuk memperbaiki mutu tanaman yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat keragaan tanaman sorgum mutan 1 secara morfologis berdasarkan nilai keragaman dan heritabilitasnya. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor tunggal yaitu tanaman sorgum mutan 1 hasil iradiasi pada dosis 0, 300, 500, dan 700gy. Keragaan tanaman mutan generasi 1 (mutan 1) diamati melalui beberapa karakter morfologi seperti daya kecambah, tinggi tanaman, jumlah dan panjang penikel, serta berat 100 biji. Karakter agronomi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah penikel, Panjang penikel. dan berat 100 biji pada tanaman sorgum lokal mutan 1 hasil iradiasi sinar gamma memiliki nilai KKG dan heritabilitas yang tinggi. karakter yang memiliki nilai KKG dan heritabilitas tinggi berarti lebih besar dipengaruhi oleh faktor genetik dan sedikit dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Kata kunci: Sorgum, mutasi, iradiasi sinar gamma

ABSTRACT

Sorghum has a high potential besides rice and corn, as a source of food, feed and bioenergy. Plant breeding is an effort to improve the quality and quantity of plants. Modern breeding through mutation has been developed to improve the quality of the plants produced. This study aims to identify the morphological performance of sorghum mutant 1 based on the variability and heritability value. This study was conducted using a completely randomized design with a single factor, namely sorghum mutant genotype 1 resulting from gamma irradiation at doses of 0, 300, 500, and 700gy. The performance of the first generation mutant plants (mutant 1) was observed through several morphological characters such as germination rate, plant height, number and length of penicles, and weight of 100 seeds. Agronomic characters of plant height, stem diameter, number of leaves, number of penicles, penicil length. and the weight of 100 seeds of local sorghum mutant 1 resulting from gamma irradiation had high KKG values and heritability. characters with high KKG and heritability values mean that they are more influenced by genetic factors and less influenced by environmental factors.

Keywords: Sorghum, mutation, gamma irradiation

PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman sereal yang berasal dari benua Afrika dan Asia. Di Indonesia tanaman sorgum belum banyak dibudidayakan meskipun tanaman sorgum memiliki potensi yang tinggi selain padi dan jagung, sebagai sumber pangan, pakan, dan bioenergi. Sorgum memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu 80% dimana sorgum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung, gula cair dan bioetanol. Biji sorgum dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pangan dan karbohidrat di dalamnya dapat dikonversi sebagai bioethanol, nira pada batang sorgum mengandung gula yang dapat dikonversi menjadi makanan olahan dan juga bioethanol, sedangkan bagasse (ampas batang sorgum) dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan dan juga kandungan lignoselulosa didalamnya bisa dimanfaatkan sebagai sumber bioethanol (Molaverdi et al., 2013). Terlebih lagi, sorgum diketahui memiliki kemampuan toleran terhadap cekaman abiotik, sehingga cocok dijadikan sebagai komoditas tanaman yang dapat dibudidayakan di lahan-lahan marginal. Menurut Rao et al. (2015), sorgum toleran pada suhu tinggi dan kekeringan sehingga sorgum dianggap sebagai salah satu tanaman yang paling sukses dibudidayakan di daerah semi kering di Afrika dan Asia.

Upaya pemuliaan tanaman sorgum terus menerus dilakukan untuk meningkatkan potensinya sebagai sumber pangan maupun bahan bioenergi dan ketahanannya terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Salah satu varietas unggul yang banyak dibudidudikan di Indonesia adalah Numbu. Di samping itu, Indonesia dengan keanekaragaman hayati yang tinggi juga memiliki beberapa jenis varietas lokal yang merupakan sumber plasma nutfah dari tanaman sorgum. Hal tersebut membuka peluang untuk meningkatkan keragaman genetik dan potensi pengembangan sorgum lokal menjadi varietas unggulan baru yang lebih produktif dan tahan pada berbagai kondisi lingkungan. Salah satu upaya pemuliaan yang dapat dilakukan yaitu teknik mutasi secara iradiasi.

Teknik mutasi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam pemuliaan tanaman modern, terutama pengembangan varietas tanaman tahan cekaman abiotik maupun biotik. Teknik iradiasi sinar gamma banyak dimanfaatkan untuk menginduksi mutasi pada biji dan beberapa bahan tanam lainnya seperti stek, polen, atau kalus (kultur jaringan), dan merupakan metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan pembentukan varietas-varietas mutan secara langsung dibandingkan Teknik pemuliaan konvensional lainnya seperti seleksi dan hibridisasi yang cenderung memerlukan waktu lama serta terbatasnya variasi genetik yang dihasilkan. Tingkat keragaman genetik menjadi poin utama dalam pemuliaan tanaman untuk mendapatkan galur tanaman baru yang dikehendaki (Oladosu et al., 2016). Tingkat keragaman genetik tersebut dapat diidentifikasi dengan penanda atau marka molekuler. Pendekatan marka molekuler dalam mengidentifikasi keragaman genetik pada suatu populasi tanaman sangat penting untuk pengembangan pemuliaan tanaman (Kebriyae et al., 2012).

Pada penelitian-penelitian terdahulu, iradiasi sinar gamma dilakukan untuk mengetahui dosis iradiasi yang tepat dalam pemuliaan tanaman sorgum dan hanya pada pengembangan varietas unggul sebelumnya dengan pendekatan karakterisasi fenotipe. Sangat sedikit bahkan belum ada penelitian dengan memanfaatkan varietas lokal Indonesia terlebih lagi tanaman sorgum yang ditemukan di daerah Jawa. Oleh karenanya, pada usulan penelitian ini, guna meningkatkan kualitas dan produktivitas tanaman sorgum sebagai sumber bahan pangan potensial untuk mendukung terciptanya ketahanan pangan nasional, maka dilakukan upaya pemuliaan tanaman melalui bioteknologi modern, yaitu dengan teknik iradiasi sinar gamma. Dengan demikian, diharapkan bahwa dari penelitian ini bisa mengidentifikasi keragaman pertumbuhan dan perkembangan sorgum setelah mengalami mutasi, yaitu pada generasi mutasi pertama atau mutan 1 (M1), yang kemudian dilanjutkan untuk dapat menemukan kandidat galur potensial dengan karakter unggulan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan November 2022 – Februari 2023 di green house Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Jawa Timur. Benih sorgum yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas lokal Demak (jenis sorgum putih) dengan perlakuan iradiasi sinar gamma dengan dosis yang berbeda. Dengan demikian penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan rancangan acak lengkap, satu faktor yaitu perlakuan iradiasi sinar gamma dengan kombinasi tanpa iradiasi, dosis iradiasi 300, 500, dan 700 gy (R0, R1, R2, R3). Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap, yaitu:

Persiapan Benih dan Iradiasi Sinar Gamma

Benih sorgum yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varietas lokal jenis sorgum putih yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Induksi mutasi dilaksanakan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan tenaga nuklir nasional (BATAN). Benih diradiasi menggunakan irradiator Gamma Chamber 4000 A. Dosis radiasi sinar gamma yang diaplikasikan yaitu 0, 300, 500, 700 Gy. Benih yang telah diiradiasi disebut sebagai benih mutan 1 (M1).

Penanaman dan Pemeliharaan

Tanaman sorgum bermur 7 hari setelah tanam (HST) di media semai (pasir) dipindah ke polybag berisi media tanam yang terdiri dari pasir:kompos:tanah (1:1:1). Sorgum M1 ditumbuhkan di dalam greenhouse untuk menciptakan kondisi yang terkontrol sehingga optimal untuk

pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta menghindari potensi kontaminasi dan gangguan dari tanaman atau organisme lainnya. Pada saat memasuki masa pembungaan, bunga pada masing-masing tanaman sorgum disungkup dengan menggunakan paper bag atau plastik untuk menghindari terjadinya penyerbukan silang. Pemupukan dilakukan dua kali selama masa tanam, yaitu pada 14 dan 30 hari setelah tanam. Pemberian pestisida dilakukan untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman yang menyerang. Tanaman sorgum yang tidak diiradiasi juga ditanam sebagai kontrol. Pengamatan terhadap tinggi, diameter batang, dan jumlah daun dilaksanakan pada saat 21 HSS. Sedangkan panjang dan jumlah penikel serta berat 100 biji diamati pada saat pemanenan.

Identifikasi keragaman genetik

Keragaman genotipe dan fenotipe diidentifikasi melalui penghitungan koefisien keragaman genotipe (KKG) dan koefisien keragaman fenotipe (KKF), menggunakan rumus menurut Singh & Chaudhary (1985). Sedangkan heritabilitas diidentifikasi dengan melakukan perhitungan sebagaimana rumus dari Allard (1960).

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2 g}}{xi} \times 100\%$$

$$KKF = \frac{\sqrt{\sigma^2 f}}{vi} \times 100 \%$$

$$h^2 = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 p} = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 g + \sigma^2 e}$$

Keterangan:

KKG: Koefisien keragaman genotipe (%)

KKF: Koefisien keragaman fenotipe (%)

$\sigma^2 g$: nilai ragam genotipe

$\sigma^2 f$: nilai ragam fenotipe

$\sigma^2 e$: nilai ragam lingkungan

xi : rata-rata variable pengamatan

Analisis Data

Penelitian ini didesain dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Data hasil penelitian diolah menggunakan *analysis of variance* (anova) untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan. Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis data dilanjutkan dengan pengujian Duncan multiple range test (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan mutasi melalui induksi radiasi sinar gamma dapat digunakan untuk meningkatkan variasi genetik tanaman yang masih rendah. pemuliaan menggunakan teknik radiasi ini sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut pada bidang penelitian dan pengembangan sorgum di Indonesia (Human et al., 2011). Tujuan utama mutasi pada sorgum yaitu untuk meningkatkan potensi genotype sorgum dalam upaya meningkatkan kualitas dan kuantitasnya yang juga memiliki kemampuan toleran ada beragam kondisi lingkungan, terutama sebagai dampak perubahan iklim global, terutama kondisi kekeringan dalam jangka panjang.

Hasil dari penelitian ini mengindikasikan bahwa perlakuan mutasi pada benih sorgum lokal Demak mengakibatkan perubahan pertumbuhan dan perkembangan yang signifikan, sebagaimana nilai F-Hitung dari hasil anova pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai F-Hitung parameter pengamatan tanaman sorgum

Parameter	F Hitung	F Tabel 0,05	Tabel 0,01	Keterangan
Tinggi tanaman	13,62	3,24	5.29	**

Diameter	13,12	**
Jumlah daun	0,97	ns
Jumlah penikel	19,85	**
Panjang penikel	327,10	**
Berat 100 biji	111,98	**

Tabel 2. Parameter Pertumbuhan Tanaman Sorgum pada 21 HST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter (mm)	Jumlah Daun
R0	47,76±12.63ab	3,98±0.51a	5,4±0.55ns
R1	56,58±8.95a	3,43±1.09a	5,4±1.14ns
R2	37,28±7.32b	3,24±0.99a	5,2±0.84ns
R3	18,9±9.61c	1,08±0.22b	5,2±0.84ns

Keterangan: Data merupakan rata-rata dari 5 ulangan pada masing-masing perlakuan ± stdev

Berdasarkan data hasil pada Tabel 2, diketahui bahwa perlakuan R2 dan R3 secara signifikan menghambat pertumbuhan tanaman sorgum M1 yaitu sebesar 39,3% dan 73,91% dibandingkan dengan kontrol (R0). Sorgum M1 pada 7 HST yang ditanam pada pottray, kemudian diaklimatisasi ke polybag untuk ditumbuhkan sampai dengan panen untuk mendapatkan benih sorgum mutan generasi 2 (mutan 3). Untuk mengetahui kemampuan survivalnya setelah aklimatisasi tersebut, maka dilakukan pengamatan pertumbuhan pada 21 HST sebagaimana yang terlihat di Tabel 2. Pada tabel tersebut, diketahui bahwa sorgum M1 pada perlakuan R1 menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman yang paling besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sedangkan pada perlakuan R2 dan R3 secara signifikan mengalami penurunan dibandingkan dengan R0. Selisih tinggi tanaman paling besar adalah pada perlakuan R3 yaitu mencapai 60,43% dibandingkan dengan R0. Hal yang serupa didapati pula pada hasil penelitian Wang et al., (2020), yang menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma pada dosis yang tinggi dapat menurunkan kemampuan survival tanaman mutan yang disertai diikuti dengan penghambatan tinggi tanaman, jumlah penikel yang produktif per satuan luas. Perlakuan iradiasi sinar gamma secara signifikan mengurangi pembesaran sel di bagian batang, yang ditandai dengan penurunan ukuran diameter batang pada R3 dibandingkan control, yaitu sebesar 72,89%. Sedangkan perlakuan R1 dan R2 tidak berbeda nyata dengan R0. Perlakuan iradiasi R1, R2, dan R3, tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah daun tiap tanaman. Mutasi dengan iradiasi sinar gamma yang tidak sesuai dapat memberikan efek samping yang tidak diharapkan pada promoter pertumbuhan dan beragam penyimpangan secara acak pada kromosom sehingga mempengaruhi persentase munculnya kecambah, tinggi tanaman, dan kemampuan survivalnya (Rajib et al., 2011).

Tabel 3. Penikel dan berat biji Tanaman Sorgum M1 pada 105 HST

Perlakuan	Jumlah Penikel	Panjang Penikel (cm)	Berat 100 biji (gr)
R0	2,67±1.14a	18,17±0.58a	3,28±0.37b
R1	2,6±0.55a	18,70±0.65a	4,21±0.16a
R2	2,8±0.45a	15,70±2.01b	3,29±0.67b
R3	0 b	0c	0c

Keterangan: Data merupakan rata-rata dari 5 ulangan pada masing-masing perlakuan

Panen dilakukan pada saat 105 HSS baik pada perlakuan R0, R1, maupun R2, tanaman sorgum pada perlakuan R3 tidak mengalami pembentukan bunga dan biji sehingga tidak dapat dilakukan pemanenan. Guna mendukung data hasil produksi dari perkembangan sorgum M1, maka dilakukan pengamatan jumlah dan panjang penikel, serta berat 100 biji dari masing penikel di setiap

perlakuan. Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah penikel pada R0, R1, dan R2 tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sedangkan panjang penikel mengalami penghambatan secara signifikan pada perlakuan R2, yaitu sebesar 16,04% dibandingkan dengan R0. Madibu et al. (2012) menyatakan bahwa dosis mutagen yang tinggi dapat memicu peningkatan proporsi perubahan kromosomal, tingkat kematian, dan juga sterilitas biji yang dihasilkan. Sedangkan pada data berat 100 biji, ditemukan bahwa nilai terbesar didapati pada perlakuan R1 yang secara signifikan meningkat 28,35% dibandingkan dengan R0. Sedangkan R2 tidak berbeda signifikan dibandingkan dengan R0. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan pengaruh perlakuan iradiasi terhadap kondisi biologis tanaman sorgum yang dimutasi dapat menunjukkan dosis optimum dari perlakuan tersebut sehingga dapat memproduksi kandidat mutan yang lebih baik (Ojiewo et al., 2005).

Tabel 4. Ragam genotipe, fenotipe, KKG, KKF, dan heritabilitas

Karakter	Ragam genotipe	Ragam fenotipe	KKG (%)	KKF (%)	h ²
Tinggi tanaman	304,09	400,48	43,45	49,87	0,76
Diameter	1,88	2,49	46,72	53,88	0,75
Jumlah daun	1,88	2,62	25,84	30,57	0,71
Jumlah penikel	2,12	2,57	72,82	80,17	0,82
Panjang penikel	97,96	99,16	74,98	75,44	0,98
Berat 100 biji	4,22	4,38	76,40	77,77	0,97

Tingkat keragaman genetik dan heritabilitas tanaman sorgum M1 diidentifikasi dengan menghitung KKG, KKF, dan h². Data hasil perhitungan menunjukkan bahwa sifat tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, Jumlah penikel, panjang penikel dan berat 100 biji memiliki nilai duga KKG, KKF dan heritabilitas yang tinggi, dengan kisaran ragam genotip (σ^2g) antara 1,88% sampai 304,09% dan kisaran KKG antara 25,84 - 76,40%, KKF antara 30,57 – 80,17 %, h² 0,76 – 0,98 (Tabel 4). Berdasarkan kriteria Miligan et al. (1996), koefisien keragaman genetik dibagi dalam tiga kategori yaitu: rendah = < 5%, sedang = 5-14,5%, tinggi = >14,5%, nilai KKF dikategorikan sebagai berikut: rendah = 0-10%, sedang= 10-20%, tinggi = > 20% Knight (1979), dan menurut Allard (1960) nilai heritabilitas rendah apabila ($H < 0,2$), nilai heritabilitas sedang apabila ($H = 0,2 - 0,5$), nilai heritabilitas tinggi apabila ($H > 0,5$). Menurut (Napitupulu & Damanhuri, 2018) suatu tanaman yang memiliki karakter dengan nilai koefisien keragaman rendah dan sedang digolongkan sebagai karakter yang memiliki nilai keragaman sempit, sedangkan karakter dengan nilai koefisien keragaman genetik tinggi digolongkan sebagai karakter yang memiliki keragaman luas. Sedangkan menurut (Effendy, et al., 2018) Sempitnya keragaman genetik karena karakter pada genotip yang digunakan tidak memiliki variasi sifat yang lebar atau tidak memiliki perbedaan dalam hal komposisi gen. Dengan demikian jika dilakukan seleksi pada karakter-karakter tersebut maka akan kurang efektif karena kemajuan genetik yang dicapai akan rendah. Dengan nilai heritabilitas yang tinggi pada Tabel 1. dapat disimpulkan bahwa semua karakter yang diamati lebih besar dikendalikan oleh genetik daripada oleh lingkungan. Hal ini sesuai dengan pendapat (Zulfikri, et al., 2015) yang mengatakan bahwa jika suatu sifat lebih besar dipengaruhi oleh faktor genetik dari pada faktor lingkungan maka sifat tersebut masih dapat diperbaiki melalui program pemuliaan tanaman. menurut Wicaksana, (2001) dalam (Napitupulu & Damanhuri, 2018) salah satu indikator keberhasilan seleksi untuk mendapatkan karakter yang diinginkan adalah memiliki keragaman genetik yang luas. Semakin luas keragaman suatu karakter pada populasi maka semakin bervariasi sifat yang ada pada karakter yang mencerminkan pengendalian genetik pada populasi. Pengendalian genetik yang tinggi pada karakter maka berpeluang untuk mendapatkan genotip dengan sifat karakter yang lebih baik melalui seleksi semakin besar.

KESIMPULAN

Perlakuan iradiasi sebesar 700 gy (R3) merupakan dosis yang terlalu tinggi untuk teknik mutasi sorgum guna menghasilkan kandidat varietas unggul baru ditandai dengan

penghambatan pertumbuhan dan perkembangan sorgum yang paling besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Karakter agronomi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah penikel, Panjang penikel. dan berat 100 biji pada tanaman sorgum lokal mutan 1 hasil iradiasi sinar gamma memiliki nilai KKG dan heritabilitas yang tinggi. karakter yang memiliki nilai KKG dan heritabilitas tinggi berarti lebih besar dipengaruhi oleh faktor genetik dan sedikit dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Jember yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini melalui program hibah internal.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. (1960). *Principle of Plant Breeding*. John Wiley and Sons Inc., New York, USA. Effendy 2018
- Human, S. (2011). *Riset dan pengembangan sorgum dan gandum untuk ketahanan pangan*. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.
- Kebriyae, D., Kordrostami, M., Rezadoost, M.H., et al. (2012). QTL analysis of agronomic traits in rice using SSR and AFLP markers. *Not Sci Biol.*, 4(2):116–123
- Knight, R. (1979). *Quantitative genetics, statistics and plant breeding*. In G.M. Halloran, R. Knight, K.S. Mc Whirter and D.H.B. Sparrow (ed.) *Plant breeding*. Australia Vice Consellers Comite. Brisbane. p. 41-78.
- Mudibu, J., Nkongolo, K.K.C., Kalonji-Mbuyi, A., Kizungu, R.V. (2012). Effect of gamma irradiation on morpho-agronomic characteristics of soybeans (*Glycine max L.*). *Am J Plant Sci.* 3: 331-337.
- Milligan, S.B., Gravois, K.A., Martin, F.A. 1996. Inheritance of sugarcane ratooning ability and the relationship of younger crop traits to older crop traits. *Crop Science*, 36: 45–50
- Molaverdi, M., Keikhosro, K., Morteza, K., dan Amir, G. (2013). Enhanced sweet sorghum stalk to ethanol by fungus *Mucor indicus* using solid state fermentation followed by simultaneous saccharification and fermentation. *Industrial Crops and Products.*, 49: 580-585.
- Napitupulu, M., dan Damanhuri. (2018). Keragaman genetik, Fenotipe dan Heritabilitas pada generasi F2 hasil persilangan tanaman padi (*Oryza sativa L.*). *Produksi Tanaman*, 6(8), 1844–1850.
- Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Abdullah, N., Ghazali, H., Asfaliza, R., Rahim, H.A, Miah, G., & Usman, M. (2016). Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: A review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(1):1-16.
- Ojiewo, C.O., Agong, S.G., Murakami, K., Tanaka, A., Hase, Y., Masuda, M. (2005). Male-sterility induced by gamma ray irradiation of African nightshades (*Solanum ningrum L. ssp villosum*) seed. *Journal of horticultural science and biotechnology*, 80, 699-704.
- Wanga, M.A., Shimelis, H., Horn, L.N., dan Sarsu, F. (2020). The Effect of Single and Combined Use of Gamma Radiation and Ethylmethane Sulfonate on Early Growth Parameters in Sorghum. *Plants (Basel)*, 30;9(7):827.
- Rajib, R. dan Jagatpati, T. (2011) Assessment of chemical mutagenic effects in mutation breeding programme for M1 generation of carnation (*Dianthus caryophyllus*). *Res. Plant Biol.* 2011, 1, 1–14.
- Rao, P.S., Prakasham, R.S., Rao, P.P., Chopra, S., dan Jose, S. 2015. Sorghum as a sustainable feedstock for biofuels. In: Shibu J, Thallada B (eds.) *Biomass and biofuels: advanced biorefineries for sustainable production and distribution*. CRC Press 2015, Pages 27–48
- Zulfikri, E. Hayati, and M. Nasir. 2015. “Penampilan Fenotipik, Parameter Genetik Karakter Hasil Dan Komponen Hasil Tanaman Melon (*CucumisMelo*).” *Floratek* 10(2):1–11.