



Research Article

Kisaran Dosis Optimal Iradiasi Sinar Gamma untuk Menginduksi Keragaman Genetik Sorgum Varietas Numbu

Gamma Irradiation Optimum Dose Range to Induce Genetic Diversity of Sorghum Numbu Variety

Mairanty Tri Anggraini¹, Dwi Astuti^{2*}

¹ Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Riau Kampus Bina Widya Km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru

² Pusat Riset Rekayasa Genetika, Badan Riset dan Inovasi Nasional Research Center for Genetic Engineering, National Research and Innovation Agency

*Corresponding author: iiasty0102@gmail.com

ABSTRACT

Sorghum (Sorghum bicolor), is an appropriate crop for dry land agricultural systems in Indonesia. Sorghum has become known and widely cultivated in Indonesia, especially after the President of the Republic of Indonesia in 2022 wanted sorghum to become an alternative food commodity. The main problem in sorghum cultivation is the limited varieties of sorghum in Indonesia. The genetic diversity of the sorghum crop is increased in order to provide more cultivable sorghum genotypes. Increasing genetic diversity can be done by radiation mutations, and the success factor of gamma irradiation mutations is largely determined by the sensitivity of plant genotypes (radiosensitivity). Numbu is one of the sorghum varieties that is in great demand by farmers because it can be used as a feed ingredient, an alternative food, as well as in industry. Numbu also has many deficiencies that make it suitable for the improvement of genetic variation. Numbu sorghum seeds were irradiated with gamma rays at a dose of 0 to 1000 gray in increments of 100 Gy. Observation of plant height was carried out on M1 plants at 3 WAP. The optimum dosage range was calculated using the Curve-Fit Analysis software. The optimum dose range obtained for Numbu genotype sorghum was 400–600 Gy.

Keywords: cultivation, mutation, radiosensitivity

PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan pangan maupun bahan baku industri yang terus meningkat menjadi salah satu masalah penting di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dengan adanya krisis energi yang disebabkan karena adanya peningkatan laju konsumsi serta krisis pangan. Krisis pangan dapat diatasi salah satunya dengan pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia. Sumber daya alam yang dapat digunakan untuk mengatasi hal ini adalah tanaman serelia seperti sorgum (Tarigan et al. 2013). Sorgum merupakan tanaman yang bisa menjadi sumber pangan masa depan karena sorgum merupakan tanaman yang mudah diolah dan tanaman ini juga rendah akan karbohidrat, kalori serta gula yang membuat sorgum jauh lebih sehat dari tanaman serelia lainnya.

Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) merupakan salah satu tanaman serelia yang sangat adaptif karena mampu tumbuh diberbagai keadaan lingkungan khususnya pada lahan marginal yang beriklim kering

seperti di Indonesia. Sorgum memiliki berbagai keunggulan yaitu memiliki daya adaptasi yang luas, toleransi terhadap kekeringan, serta berdaya hasil tinggi dengan biaya produksi yang relatif murah. Sorgum juga memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap hama dan penyakit dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya (Murdaningsih, dan Adrianus 2021). Pemanfaatan sorgum di Indonesia banyak digunakan sebagai pakan ternak, pangan alternatif serta industri baik bioetanol, gula maupun briket dan papan. Berdasarkan penelitian terkait nutrisi dan gizi, sorgum memiliki kandungan zat besi lebih tinggi dari beras pecah kulit dan gandum yaitu sebanyak 5,4 mili gram dalam setiap 100 gram bobot kering biji. Kandungan protein pada sorgum 10% - 11% lebih tinggi dibandingkan dengan protein beras giling.

Berdasarkan data yang diperoleh Direktorat Budidaya Serelia pada tahun 2019, dalam lima tahun terakhir, produksi tanaman sorgum di Indonesia hanya meningkat dari 6.114 ton menjadi 7.695 ton. Hal ini menunjukkan bahwa sorgum di Indonesia masih terbatas pertanaman dan pengembangannya padahal sangat banyak keunggulan sorgum seperti telah dijelaskan di atas bahkan Presiden Indonesia Bapak Joko Widodo pada kunjungan beliau di pertanaman sorgum di Nusa Tenggara Timur menyatakan bahwa sorgum layak dikembangkan sebagai komoditas pangan alternatif. Masalah utama dalam budidaya sorgum adalah keterbatasan varietas sorgum di Indonesia sehingga dibutuhkan lebih banyak lagi genotipe sorgum untuk budidaya dan ini dilakukan dengan meningkatkan keragaman genetik tanaman sorgum. Peningkatan keragaman genetik dapat dilakukan dengan berbagai cara dan salah satunya adalah melalui pemuliaan mutasi radiasi. Keberhasilan mutasi dengan iradiasi sinar gamma dipengaruhi beberapa faktor salah satunya sangat ditentukan oleh sensitivitas genotipe tanaman terhadap iradiasi sinar gamma itu sendiri atau yang disebut sebagai radiosensitivitas.

Numbu merupakan salah satu varietas sorgum yang banyak diminati oleh petani untuk dibudidayakan. Bulir nya yang berwarna putih dengan tekstur yang lunak membuat sorgum varietas ini sangat baik dijadikan sebagai bahan pangan alternatif. Biomasa sorgum Numbu yang besar sangat baik digunakan sebagai bahan pakan dan juga bahan baku industri. Budidaya sorgum varietas Numbu tidak lepas dari masalah dan salah satunya adalah bahwa varietas ini tidak tahan terhadap organisme pengganggu tanaman (OPT). Penelitian terkait dengan pemuliaan konvensional yang melibatkan persilangan tanaman sorgum menunjukkan bahwa jika varietas Numbu dijadikan sebagai tetua maka hasilnya akan tidak tahan terhadap OPT. Hal ini yang melatarbelakangi dilakukannya mutasi iradiasi terhadap varietas Numbu agar didapatkan keragaman genetik yang besar yang mendukung didapatkannya varietas unggul sorgum baru.

Mutasi merupakan perubahan suatu materi genetik yang menjadi sumber pokok dari semua keragaman genetik dan menjadi bagian dari fenomena alam. Mutasi dapat dilakukan secara buatan dengan menggunakan iradiasi sinar gamma (Togatorop et al. 2016). Radiasi sinar gamma merupakan radiasi menggunakan sinar yang dipancarkan dari isotop radioaktif yang memiliki daya tembus yang lebih kuat dibandingkan dengan sinar X atau X-ray (Aisyah 2013). Saragih et al. (2022) menyatakan bahwa mutasi dengan menggunakan radiasi sinar gamma merupakan salah satu jenis radiasi buatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan keragaman genetik karena mutasi yang ditimbulkan akan random atau acak pada materi genetik yang dipakai. Sinar gamma merupakan mutagen fisik yang paling banyak digunakan dalam pembentukan varietas mutan dibandingkan mutagen lainnya. Mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma untuk sorgum pada penelitian ini digunakan karena mutu dari sorgum tidak akan berubah serta tidak menimbulkan residu zat kimia yang berefek polutif bagi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan nilai radiosensitivitas sebagai dasar untuk melakukan induksi mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma untuk memperoleh mutan putatif sorgum varietas Numbu yang memiliki ketahanan terhadap OPT dan biomasa tinggi.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Alat

Materi genetik yang digunakan adalah biji sorgum varietas Numbu dari koleksi benih perbanyakan Pusat Riset Rekayasa Genetika BRIN. Media tanam yang digunakan antara lain perpaduan tanah, kompos dan pupuk kandang dengan pasir, perbandingan 1:1. Alat yang digunakan antara lain radiator sinar gamma Gammacell 220 milik Pusat Kawasan Nuklir Pasar Jumat BRIN, bak plastik ukuran 61cm x 40cm x 8cm sebagai tempat tanam, alat ukur berupa penggaris dan alat tulis.

Metode Penelitian

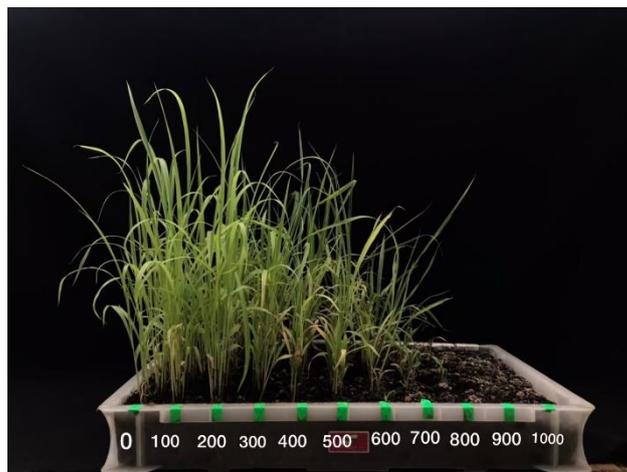
Iradiasi sinar gamma dilakukan pada benih sorgum varietas Numbu. Benih sorgum sebanyak 200 benih digunakan untuk diiradiasi pada masing-masing dosis termasuk kontrol yang tidak diiradiasi. Iradiasi menggunakan 10 dosis yaitu 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, dan 1000 Gray. Iradiasi dilakukan di Kawasan Nuklir Pasar Jumat BRIN, Jakarta.

Penanaman benih M1 dilakukan di Rumah Kaca milik Pusat Riset Rekayasa Genetika BRIN, Cibinong. Biji sorgum yang tidak diradiasi digunakan sebagai kontrol. Penanaman dilakukan dalam 3 ulangan (3 bak tanam) per dosis perlakuan termasuk kontrol. Sebanyak 50 biji digunakan pada tiap-tiap dosis dan ditanam dalam bentuk barisan atau larik. Penyiraman dilakukan 2 hari sekali menggunakan alat penyiram tanaman untuk nutrisi dan menjaga kelembaban.

Parameter pengamatan dan analisis dilakukan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada 3 minggu setelah tanam. Data hasil pengamatan dihitung dan dinyatakan dalam rasio persen terhadap kontrol. Penentuan letal dosis 20 (LD20) dan letal dosis 50 (LD50) dilakukan menggunakan perangkat lunak *Curve -Fit Analysis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Radiasi pangan merupakan proses bahan pangan diradiasi dengan radiasi pengion. Salah satu radiasi yang digunakan untuk memutasi komponen genetik pada bahan pangan adalah radiasi sinar gamma. Radiasi sinar gamma merupakan salah satu jenis radiasi pengion yaitu radiasi yang menggunakan sinar dengan frekuensi tinggi atau gelombang pendek. Hal ini dilakukan karena iradiasi merupakan suatu teknologi yang aman, sehat dan bersih untuk diterapkan pada industry pangan (Aisah et al. 2019).



Gambar 1. Pertumbuhan benih sorgum Numbu pada 3 MST setelah diiradiasi sinar Gamma

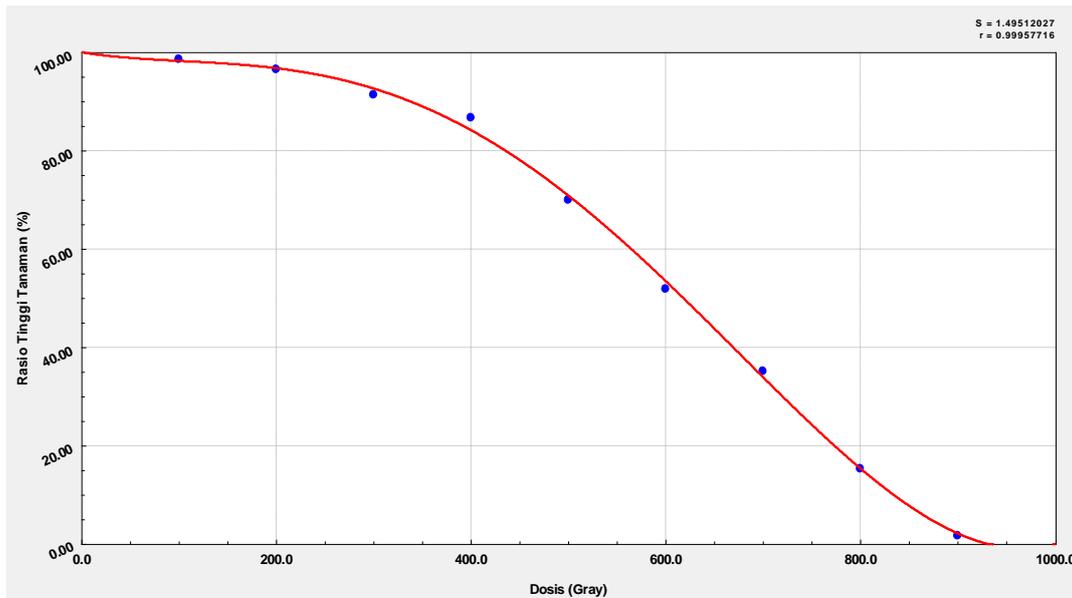
Iradiasi sinar gamma memberikan pengaruh pada pertumbuhan benih sorgum genotipe Numbu (NB). Pengaruh iradiasi terhadap pertumbuhan benih sorgum varietas Numbu pada tiga minggu

setelah tanam (MST) tampak pada Gambar 1. Data hasil pengamatan terhadap parameter tinggi tanaman disajikan dalam Tabel 1. Gambar dan data menunjukkan bahwa pada dosis 900 dan 1000 gray pertumbuhan sangat drastis turun dan ini menunjukkan bahwa pada dosis tersebut fisik dan biologi sel mengalami banyak kerusakan. Nilai reduksi tinggi tanaman secara langsung menunjukkan perubahan fisiologis tanaman akibat mutasi radiasi. Hal ini disebabkan oleh faktor fisik dan faktor biologis yang dapat mempengaruhi tingkat radiosensitivitas tanaman terhadap iradiasi. Faktor fisik dalam hal ini salah satunya adalah morfologi bahan tanaman yang mempengaruhi ketahanan fisik sel dalam menerima iradiasi sinar gamma. Sedangkan faktor genetik dan faktor lingkungan seperti oksigen, kadar air, penyimpanan pasca iradiasi dan suhu merupakan faktor biologismya (Astuti et al. 2019).

Perbedaan hasil penanaman benih dari genotipe yang dapat terjadi karena adanya pengaruh dari radiasi sinar gamma yang membuat terjadinya mutasi genetik pada setiap benih berbeda-beda. Menurut Yunita et al. (2014) mutasi melalui radiasi sinar gamma ini, memiliki frekuensi hasil yang lebih tinggi sehingga dapat merubah struktur dan jumlah kromosom, mengganggu sistem pembelahan sel yang dapat mengubah aktivitas gen. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan gel dalam sel somatik yang mengakibatkan terjadinya perubahan fenotipe dan pewarisan sifat pada keturunannya. Radiosensitivitas sel dapat dibedakan atas 2 jenis yakni, radiosensitivitas esensial dan radiosensitivitas kondisional. Radiosensitivitas esensial didasarkan kepada kondisi "inherent" yakni kondisi yang dipengaruhi oleh faktor internal sel itu sendiri, sedangkan radiosensitivitas kondisional didasari pada faktor eksternal misalnya dosis radiasi, status oksigen dan lain-lain.

Indikasi toksisitas atau dosis iradiasi yang dapat menyebabkan kematian populasi tanaman atau eksplan dengan persentase tertentu disebut dengan dosis letal atau lethal dose (LD). LD20 adalah dosis yang menyebabkan 20% kematian dan LD50 adalah dosis yang menyebabkan 50% kematian dari populasi yang diradiasi (Saragih et al., 2019). Dosis letal minimum dari suatu iradiasi adalah LD20 dan dosis letal maksimum suatu iradiasi adalah LD50. Nilai LD20 dan LD50 dalam mutasi terutama dengan iradiasi tidak hanya dinyatakan dengan persentase kematian populasi tapi dapat juga dinyatakan dengan persentase reduksi parameter pertumbuhan tanaman seperti persentase benih yang tumbuh atau persentase reduksi tinggi tanaman yang tumbuh. Paparan iradiasi sinar gamma pada dosis dibawah LD20 dapat menyebabkan kerusakan tetapi tidak mengakibatkan kematian eksplan (Handini & Popi, 2020). Nilai atau dosis dibawah LD20 adalah nilai yang menyebabkan kebanyakan mutasi akan dapat balik atau tidak stabil. Dosis yang terlalu tinggi (di atas LD50) dapat mengakibatkan kerusakan fisiologis tanaman yang fatal biasanya ditandai dengan adanya tingkat kematian, sterilitas dan abnormalitas yang tinggi. Dosis optimum merupakan dosis yang diperlukan untuk menghindari terjadinya kerusakan fisiologis pada tanaman. Dosis optimum inilah yang disebut radiosensitivitas yaitu dosis optimum dalam induksi mutasi yang dapat menghasilkan mutan terbanyak dengan artian banyak keragaman genetik. Variabilitas mutan tertinggi terdapat pada mutan hasil iradiasi sinar gamma di sekitar LD 20 dan LD 50 (Soeranto 2012).

Analisis LD20 dan LD50 berdasarkan persentase tinggi tanaman dari tanaman yang tumbuh digunakan dalam penentuan nilai radiosensitivitas dalam penelitian ini. Radiosensitivitas suatu tanaman yang telah diiradiasi dengan menggunakan sinar gamma mengalami respon fisiologis. Hal ini juga bersangkutan dengan dosis tanaman yang menyebabkan kematian pada tanaman yang diiradiasi sebesar 20-50% atau lethal dose (LD20-LD50). Mutasi-mutasi pada gen yang diinginkan umumnya berada pada selang LD20 dan LD50. Hal ini dikarenakan respon fisiologis eksplan yang diiradiasi dapat berupa reduksi pertumbuhan vegetatif pada rentang dosis tersebut. Variabilitas mutan tertinggi juga terdapat pada LD20 dan LD50. Radiosensitivitas dapat bervariasi tergantung pada jenis spesies, kultivar tanaman, kondisi fisiologis tanaman dan organ tanaman (Maharani et al. 2015).



Gambar 2. Grafik pengaruh iradiasi sinar Gamma terhadap persentase tinggi tanaman sorgum varietas Numbu.

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Curved-fit analysis untuk menentukan dosis letal 20 (LD20) dan 50 (LD50) benih sorgum varietas Numbu dengan parameter persentase tinggi tanaman, diperoleh persamaan model terbaik yaitu persamaan polynomial orde empat. Persamaan yang didapatkan adalah $Y = 100.0776 - 0.0315 X + 0.0002147 X^2 - 0.000000788 X^3 + 5.1010 X^4$ (Gambar 2) dan dari persamaan tersebut didapatkan bahwa LD20 dan LD50 adalah sebesar 435.79 Gy dan 618.31 Gy.

Tabel 1. Persentase rerata pertumbuhan benih pada benih sorgum Numbu hasil iradiasi.

Dosis (Gray)	$\tilde{N}TT$ (cm)	% TT
0	1136,9	100,0
100	1121,9	98,7
200	1097,8	96,6
300	1039,4	91,4
400	986,8	86,8
500	795,9	70,0
600	590,8	52,0
700	400,5	35,2
800	176,5	15,5
900	20,1	1,8
1000	0,6	0,1

Keterangan: $\tilde{N}TT$ (Rerata tinggi tanaman), %TT (Persentase tinggi tanaman)

Hasil ini menunjukkan bahwa nilai radiosensitivitas sorgum varietas Numbu lebih besar dibandingkan sorgum varietas Jagung Rote. Astuti et al., (2022) melaporkan nilai radiosensitivitas sorgum varietas Jagung Rote sebesar 389.83 – 561.64 Gy dengan rentang dosis yang mirip dengan varietas Numbu pada penelitian ini. Nilai radiosensitivitas yang lebih tinggi pada Numbu di penelitian ini kemungkinan disebabkan karakter dan tipe benih sorgum Numbu yang lebih besar ukurannya dari sorgum Jagung Rote karena perbedaan genotipe berpengaruh pada nilai radiosensitivitas. Hal ini

senada dengan yang dinyatakan oleh Setiawan, dkk. (2015) bahwa faktor fisik, biologi dan fisiologi mempengaruhi sensitivitas tanaman, di antaranya: faktor genotipe, tanaman yang memiliki jumlah kromosom lebih banyak mempunyai sensitivitas lebih tinggi dibanding tanaman yang memiliki jumlah kromosom yang lebih sedikit, fase perkembangan sel, saat fase pembelahan akan lebih peka dibanding pada fase istirahat dan umur jaringan. Nilai radiosensitivitas tanaman juga berkaitan erat dengan kandungan air di dalam sel tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya reduksi pada tinggi tanaman yang dapat dijadikan sebagai parameter dalam perhitungan dosis letal untuk menentukan dosis optimum tanaman hasil radiasi. Dosis optimal pada radiasi sinar gamma untuk menghasilkan tanaman mutan dengan keragaman genetik yang tinggi yaitu dengan menghitung nilai diantara LD20 dan LD50.

KESIMPULAN

Iradiasi sinar Gamma pada benih sorgum varietas Numbu memberikan kerusakan fisiologis yang berbeda-beda pada setiap dosisnya. Penentuan dosis letal untuk kepentingan radiosensitivitas dapat dihitung dengan menggunakan parameter pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman. Nilai Radiosensitivitas sebagai kisaran dosis optimal sorgum varietas Numbu adalah 435.79 Gy dan 618.31 Gy sehingga saran untuk melakukan mutasi iradiasi benih sorgum varietas Numbu adalah kisaran dosis 400 Gy hingga 600 Gy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ditujukan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang sudah memberikan saya kesempatan untuk melakukan kegiatan MBKM-Magang. Terimakasih juga untuk semua orang yang terlibat dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, N., N. Kezia, A. Arianti. 2019. Iradiasi bahan pangan: antara peluang dan tantangan untuk optimalisasi aplikasinya. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 15(1):25-36.
- Aisyah, S.I. 2013. *Sitogenetika Tanaman*. Fakultas Pertanian: Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Astuti, D., C.F. Pantouw, Hastilestari, B.R. 2022. Kisaran dosis optimal iradiasi sinar gamma dalam pemuliaan sorgum sebagai pangan potensial. hal. 12-17. Dalam I. C. Nisa, M.A. Artasasta, M. Lelitawati (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat*. Malang 29 Oktober 2022.
- Astuti D., Yuli S., Satya N. 2019. Uji radiosensitivitas sinar gamma untuk menginduksi keragaman genetik sorgum berkadar lignin tinggi. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 15(1): 1-6
- Handini, E., A. Popi. 2020. Dosis letal LD20 dan LD50 serta efek iradiasi sinar gamma pada protokorm *Dendrobium discolor* L. *Jurnal Kebun Raya*. 23(3):173-178.
- Maharani, S., K. Nurul., S. Muhamad., A. Sintho. 2015. Radiosensitivitas dan keragaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Agron Indonesia*. 43(2):111-117.
- Murdaningsih, F. Adrianus. 2021. Kajian agronomi potensi pengembangan tanaman sorgum varietas numbu di Kabuoaten Ende. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 17(1):23-27.
- Saragih, S. H. Y., S. Aisyah., D. Sobir. 2019. Induksi mutase tanaman Leunca (*Solanum nigrum* L.) untuk meningkatkan keragaman kandungan Tanin. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 47(1):84-89.
- Saragih, S. H. Y., R. Khairul., D. Kamsia. 2020. Induksi mutasi Kara Benguk (*Mucuna pruriens* L.) menggunakan iradiasi sinar gamma. *Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(2):105-108.

- Setiawan, R.B., N. Khumaida, D. Dinarty. 2015. Induksi mutasi kalus embriogenik gandum melalui iradiasi sinar gamma untuk toleransi suhu tinggi. *J. Agron. Indonesia*. 43(1):36-44.
- Tarigan, D.H., T. Irmansyah, P. Edison. 2013. Pengaruh waktu penyiangan terhadap pertumbuhan dan produksi beberapa varietas sorgum (*Sorgum bicolor* L. Moench). *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(1):86-94.
- Togatorop, E.R., I. Syarifah, M. Rizal, M. Damanik. 2016. Pengaruh mutase fisik iradiasi sinar gamma terhadap keragaman genetik dan penampilan *Coleus blumei*. *Jurnal Hort. Indonesia*. 7(3): 187-194.
- Yunita, R., K. Nurul, S. Didy, M. Ika. 2014. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan regenerasi kalus padi varietas Ciherang dan Inpari 13. *Jurnal Agrobiogen*. 10(3): 101-108.