

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Keragaman Genetik Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)  
Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$  (Generasi 5)*****Genetic Diversity of Shallot (*Allium ascalonicum* L.) Variety Bauji of  
Result Gamma Ray Irradiation  $^{60}\text{Co}$  (Generation 5)*****Nanda Widyaningtyas<sup>1\*</sup>, Ida Retno Moeljani<sup>1</sup>, Agus Sulistyono<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Kota SBY, Jawa Timur 60294

Received: December 21, 2022 /Received in revised : December 14, 2023/ Accepted: December 20, 2023

**ABSTRACT**

One of the important factors in developing new superior varieties is genetic diversity. Through gene recombination, hybridization, genetic engineering or mutation induction, genetic diversity can be obtained. Gamma ray irradiation of  $^{60}\text{Co}$  is one method of mutation induction. The aim of the study was to find out the dose of irradiation that had the best diversity value in *Allium ascalonicum* the Bauji variety gamma irradiation  $^{60}\text{Co}$ , which consisted of doses of 3 Gy and 4 Gy with 7 replications each using a Randomized Block Design (RBD). Each treatment required 56 tubers and 1 planter bag contained 4 tubers. Control plants are symbolized by the code "B", plants with a dose of 3 Gy are symbolized by the code "MB 3", and dose of 4 Gy are symbolized by the code "MB 4". The results showed that the highest plant diversity based on the standard deviation value was in the MB 4 Gy treatment in terms of plant length, tuber number, tuber diameter, wet tuber stover weight, dry tuber weight and tuber weight. While the control produces the highest standard deviation values on the parameters of the number of leaves and the age of flowering. In conclusion, gamma  $^{60}\text{Co}$  irradiation had a significant effect on the results of research on the fifth generation of the shallot variety Bauji on the parameters of number of leaves, age of flowering, number of tubers, tuber diameter, wet stover weight of tubers and tuber weight.

**Keywords:** Genetic Diversity, Shallot, Irradiation, Gamma Ray  $^{60}\text{Co}$ .**ABSTRAK**

Salah satu faktor yang penting dalam perakitan varietas unggul baru adalah keragaman genetik. Melalui rekombinasi gen, hibridisasi, rekayasa genetika, atau induksi mutasi maka keragaman genetik bisa didapatkan. Iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  ialah salah satu metode dalam induksi mutasi. Tujuan penelitian adalah untuk mencari tahu dosis iradiasi yang memiliki nilai keragaman paling baik pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) varietas Bauji. Penelitian memakai satu faktor perlakuan yakni dosis iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ , yang terdiri dari dosis 3 Gy dan 4 Gy dengan masing-masing 7 ulangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Tiap perlakuan membutuhkan 56 umbi dan dalam 1 planterbag berisi 4 umbi. Tanaman kontrol disimbolkan dengan kode "B", tanaman dengan perlakuan dosis 3 Gy disimbolkan dengan kode "MB 3", dan dosis 4 Gy disimbolkan dengan kode "MB 4". Hasil penelitian menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memiliki pengaruh nyata pada hasil penelitian tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelima pada parameter

\*Korespondensi Penulis.

E-mail : [nandawidyaaa96@gmail.com](mailto:nandawidyaaa96@gmail.com)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v7i2.447>

*banyaknya daun, umur berbunga, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah dan berat umbi. Keragaman tanaman paling tinggi berdasar nilai standar deviasi terdapat di perlakuan MB 4 Gy pada parameter panjang tanaman, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering serta berat umbi. Sedangkan kontrol menghasilkan nilai standar deviasi paling tinggi pada parameter jumlah daun dan umur berbunga.*

**Kata kunci:** Keragaman Genetik, Bawang Merah, Iradiasi, Sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ .

## 1. Pendahuluan

Satu dari beberapa faktor penting dalam perakitan varietas unggul baru adalah keragaman genetik. Keragaman genetik bisa ditingkatkan dengan menggunakan plasma nutfah yang sudah ada di alam serta bisa juga dengan melakukan persilangan. Beberapa sifat tertentu seringkali tidak ditemui pada sumber gen yang tersedia sehingga perlu diterapkan teknologi lain. Keragaman genetik bisa dihasilkan melalui rekombinasi gen, hibridisasi, rekayasa genetika, maupun induksi mutase (Hutami *et al.* 2016). Salah satu teknik yang banyak dikembangkan dalam usaha untuk meningkatkan keragaman genetik ialah teknik mutasi. Teknik ini merupakan salah satu usaha untuk memperoleh sifat-sifat baru, terutama di tanaman yang dikembangkan dengan cara vegetatif dengan keragaman genetik yang rendah. Sifat-sifat baru ini digunakan sebagai sarana perbaikan genetik. Untuk mendeteksi mutasi atau perubahan materi genetik sendiri bisa dilihat dengan memperhatikan perubahan tingkat struktur gen atau perubahan tingkat ekspresi. Perubahan itulah yang dilihat untuk melakukan perbandingan mutan dan tipe liarnya. Salah satu komoditas tanaman yang dapat dikembangkan secara vegetatif melalui pemuliaan mutasi yaitu bawang merah (Datta 2012; Damayanti 2021).

Bawang merah adalah satu dari banyak komoditas sayuran unggulan nasional yang sejak dulu dibudidayakan secara intensif oleh petani. Bawang digolongkan dalam kelompok rempah-rempah yang tidak tergantikan yang memiliki fungsi sebagai bumbu masakan sekaligus bahan obat tradisional. Selama ini budidaya bawang merah mengalami beberapa kendala yang dihadapi seperti kurangnya benih yang berkualitas, serangan hama serta penyakit, tidak efektifnya pemupukan serta kehilangan hasil karena penyimpanan umbi. Suprasanna (2013) berpendapat bahwa potensi tanaman lokal perlu dikembangkan melalui pemuliaan mutasi harus dilakukan untuk memperbaiki karakter varietas lokal yang berguna dalam upaya peningkatan jumlah produksi (Suprasanna & Nakagawa 2012; Togatorop *et al.* 2016).

Salah satu metode induksi mutasi ialah Iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ . Yang disebut dengan iradiasi sendiri ialah proses saat suatu materi dikenai

paparan radiasi. Zat radioaktif merupakan sumber dari radiasi yang dapat memancarkan energi berdaya tinggi yang dalam hal ini ialah atom dari unsur kobalt. Inti atom dari kobalt inilah memancarkan energi berupa sinar gamma. Nilai lethal dose dapat mengukur radiosensitivitas tanaman yang juga dapat menentukan keberhasilan iradiasi dalam upaya peningkatan keragaman tanaman (Gusti *et al.* 2017; Tia *et al.* 2021).

Penelitian Afwan *et al.* (2020), varietas bawang merah Bauji dengan iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memperoleh nilai LD20 sebesar 43,527 Gray serta LD50 masing-masing sebesar 112,154 Gray (Muhammad Afwan, 2020). Penelitian Anpama *et al.* (2021) sebelumnya menunjukkan pada mutan (M4), nilai keragaman genetik yang tinggi pada parameter berat basah, diameter umbi, serta banyak umbi dapat dihasilkan dengan perlakuan iradiasi dosis 2 Gy serta 3 Gy. Pada perlakuan iradiasi dengan dosis 4 Gy keragaman genetik tertinggi terdapat pada parameter panjang tanaman, banyak daun, diameter umbi dan banyak anakan. Sedangkan pada perlakuan iradiasi dengan dosis 6 Gy keragaman genetik tertinggi didapatkan pada parameter berat kering dan jumlah umbi. Penelitian Keragaman Genetik Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$  (Generasi 5) pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas bawang Bauji ini dilakukan pada dosis 3 Gy dan 4 Gy untuk mengetahui dosis yang mampu menghasilkan nilai keragaman genetik terbaik (Anpama *et al.* 2021).

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Cara Kerja

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2022 sampai dengan Mei 2022 di Desa Ketindan, Malang, Jawa Timur. Peralatan yang dipergunakan antara lain: gunting, cetok, sekop, cangkul, gembor, mistar, ajir, timbangan analitik, kertas label, plastik klip, selotip, kamera digital, dan planterbag. Bahan yang dipergunakan yaitu umbi bawang merah varietas Bauji yang sudah diradiasi mutan (M5), media tanam campuran dari kompos, cocopeat dan tanah taman dengan pupuk kimia sejenis NPK (15:15:15) dan pupuk ZA. Penelitian dilaksanakan dengan 5 tahapan yaitu persiapan umbi bawang merah varietas bauji, persiapan media tanam,

penanaman umbi bawang merah varietas bauji, pemeliharaan dan panen dan pasca panen.

Sebelum penanaman, umbi yang sudah diradiasi mutan (M5) diseleksi untuk memilih umbi yang berkualitas baik. Seleksi dilakukan berdasar pada ukuran umbi yang seragam, tidak cacat, dan tidak memiliki keriput. Penanaman umbi bawang merah hasil radiasi generasi keempat dengan dosis 3 Gy dan 4 Gy yang masing-masing 56 umbi dengan melakukan persiapan media tanam selama satu minggu saat sebelum dilakukannya penanaman, pengolahan media tanam dilakukan dengan melakukan pencampuran dari tanah taman, cocopeat serta kompos yang kemudian diratakan dengan memakai cangkul. Rasio tanah taman dimasukkan ke dalam 42 planterbag. Penanaman memulai pelaksanaan dengan memotong bagian atas pada umbi bawang merah sebesar 1/3. Penanaman dilaksanakan dengan membuat lubang pada tanah dengan kedalaman 4 cm, dimana satu lubang tanam diisi satu umbi bawang merah. Setiap planterbag diisi sebanyak empat umbi bawang merah, dengan jarak tiap umbinya 20 cm, serta jarak antara planterbag 20 x 20 cm. Penyiraman dilakukan setelah penanaman selesai dengan air secukupnya menggunakan gembor.

Proses pemeliharaan tanaman dilakukan dengan 4 cara, yaitu penyiraman, pemupukan, penyulaman dan penyiangan. (1) Melakukan penyiraman dengan memakai alat berupa gembor, setiap hari saat pagi serta sore hari, ataupun sesuai dengan kondisi tanah. Penyiraman tidak dilakukan apabila kondisi tanah yang masih lembab. (2) Pemupukan pada tanaman bawang merah dilakukan tiga tahap yakni waktu pemberian 7 hari sebelum tanam dengan NPK (15:15:15) 7,2 gram/planterbag, 15–20 HST dengan pupuk NPK (15:15:15) 5,6 gram/planterbag dan ZA 1,6 gram/planterbag, dan 30–35 HST dengan pupuk ZA 4,8 gram/planterbag dengan cara ditugal. Waktu pemupukan dilakukan ketika pagi atau sore hari supaya menghindari penguapan. Pemupukan dilakukan ketika media tanam telah dibasahi supaya pupuk mudah larut dan mudah diserap tanah. (3) Melakukan penyulaman jika tanaman memperlihatkan tidak terjadinya tanda-tanda pertumbuhan atau berlainan dari tanaman lainnya sehingga tanaman mati akan digantikan dengan benih (umbi) bawang merah. Penyulaman dilaksanakan pada 7 HST. (4) Melakukan penyiangan gulma sebagai upaya melakukan perawatan minimal sekali dalam seminggu yang disesuaikan dengan kondisi tanaman. Penyiangan bisa dilakukan dengan memakai sabit ataupun manual (*hand-weeding*).

## 2.2 Variabel yang diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi karakter pertumbuhan dan karakter hasil dimana terdiri dari panjang tanaman, jumlah daun, umur bunga, jumlah umbi, diameter umbi berat brangkasan umbi basah dan umbi kering sampai dengan berat umbi. Panjang tanaman dan jumlah daun bawang merah mengalami peningkatan tiap minggu pada tanaman kontrol, pada pengamatan 7 hari setelah tanam tidak berbeda nyata, sedangkan pada pengamatan 14 hari setelah tanam hingga 56 hari setelah tanam berbeda sangat nyata. Kemudian umur bunga yang paling cepat pada tanaman kontrol yaitu 40 HST, lalu MB 3 Gy dengan rata-rata 48 HST dan rata-rata umur berbunga terlama pada MB 4 Gy dengan rata-rata 49 HST.

## 2.3 Analisa Data

Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan analisis statistik ANOVA. Setelah melengkapi anova untuk rancangan acak kelompok (RAK) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan, selanjutnya dilakukan perbandingan antara F tabel pada uji 5% dan 1% dengan F Hitung. Apabila hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel maka didapatkan pengaruh nyata dari perlakuan.

## 3. Hasil

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap panjang tanaman pada 7 HST, sedangkan pada 14 HST hingga 56 HST menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap panjang tanaman. Nilai rata-rata panjang tanaman mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  terdapat pada tabel 1 panjang tanaman mutan (M5) bawang merah ditunjukkan mengalami kenaikan tiap minggu pada tanaman kontrol, MB 3 Gy dan MB 4 Gy. Hasil analisis panjang tanaman bawang merah mutan B (0 Gy), MB 3 Gy dan MB 4 Gy pada saat dilakukan pengamatan 7 hari sesudah tanam tidak berbeda nyata, sedangkan pada saat pengamatan 14 hari sesudah tanam hingga 56 hari setelah tanam berbeda sangat nyata.

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan sangat berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Jumlah daun yang dianalisis yaitu tanaman berumur dari 7 HST hingga 56 HST. Nilai rata-rata kontrol, mutan (M5) dosis MB 3 Gy dan MB 4 Gy tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  terdapat pada tabel 2 dibawah ini bahwasanya

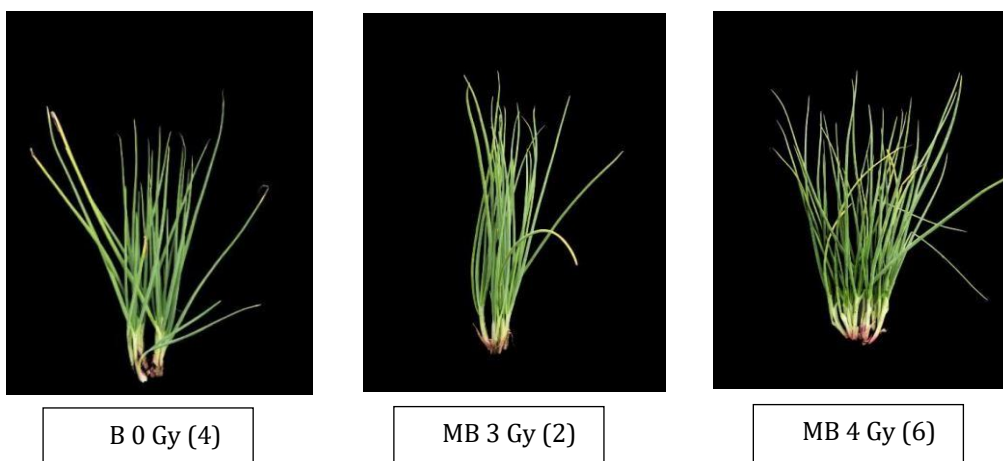
parameter jumlah daun mutan (M5) bawang merah mengalami peningkatan tiap minggu pada tanaman kontrol, MB 3 Gy dan MB 4 Gy. Hasil analisis jumlah daun bawang merah mutan B (0 Gy), MB 3 Gy dan MB 4 Gy pada saat dilakukan pengamatan 7 hari setelah tanam hingga 56 hari setelah tanam berbeda sangat nyata.

Gambar 1 dibawah ini menunjukkan bahwasanya didapati perbedaan terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  antara perlakuan B (0 Gy), MB 3 Gy, dan MB 4 Gy. Tanaman bawang merah yang telah diberi perlakuan iradiasi sinar gamma mengalami peningkatan panjang tanaman pada perlakuan MB 4 Gy.

Tabel 1. Rata-rata panjang tanaman mutan (M5) tanaman bawang merah varietas bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  umur 7-56 HST

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Rata-rata Jumlah Daun							
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
B (0 Gy)	7,5	19,8b	24,9c	29,7c	34,8b	45,4b	50,4c	55b
MB 3 Gy	7	16,5b	22b	25,4b	31,6b	41,9b	45,5b	48,3a
MB 4 Gy	7,5	13,8a	19,3a	21,3a	26,2a	36,8a	41,8a	46,5a
BNT 5%	tn	**	**	**	**	**	**	**

Keterangan : tn \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\*menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%



Gambar 1. Panjang Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$

Keterangan:

- (4) = gambar dari perlakuan B (0Gy) ulangan ke 4
- (2) = gambar dari perlakuan MB (3Gy) ulangan ke 2
- (6) = gambar dari perlakuan MB (4Gy) ulangan ke 6

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Daun Mutan (M5) Tanaman Bawang merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$  Umur 7-56 HST.

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Rata-rata Jumlah Daun							
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST
B (0 Gy)	8,2a	10,3a	11,4a	16,5b	20,5a	24,7a	28,1a	32,4a
MB 3 Gy	11,4c	14,4b	14,8b	16,0b	23,9b	33,2b	38,4b	38,7b
MB 4 Gy	9,8b	11,6a	12,9a	12,2a	19,6a	23,8a	28,1a	36,8b
BNT 5%	**	**	**	**	**	**	**	**

Keterangan : \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\*menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan sangat berpengaruh nyata terhadap umur berbunga. Nilai rata-rata kontrol, mutan (M5) dosis MB 3 Gy dan MB 4 Gy tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  terdapat pada tabel 3 bahwasanya parameter umur berbunga mutan (M5) bawang merah varietas Bauji yang paling cepat pada tanaman kontrol yaitu 40 HST, lalu MB 3 Gy dengan rata-rata 48 HST dan rata-rata umur berbunga terlama pada MB 4 Gy dengan rata-rata 49 HST.

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan bahwasanya terdapat perbedaan umur berbunga pada tiap perlakuan tanaman bawang merah varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ . Tanaman bawang merah kontrol

menunjukkan bahwa lebih cepat berbunga dibandingkan tanaman yang diberi perlakuan.

Tabel 3. Rata-rata Umur Berbunga Mutan (M5) Tanaman Bawang merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Umur Berbunga
B (0 Gy)	40,4a
MB 3 Gy	48,8b
MB 4 Gy	49,8b
BNT 5%	**

Keterangan : \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\* menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Gambar 2. Umur Berbunga Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$  pada tiap Perlakuan.

Keterangan:

(3) = gambar dari perlakuan B (0Gy) ulangan ke 3

(2) = gambar dari perlakuan MB (3Gy) ulangan ke 2

(5) = gambar dari perlakuan MB (4Gy) ulangan ke 5

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap parameter jumlah umbi. Jumlah umbi yang dianalisis yaitu tanaman 56 HST dihitung setelah melakukan pemanenan. Berdasarkan tabel 4 dibawah ini terlihat parameter banyaknya umbi tanaman bawang merah varietas bawang Bauji adanya pengaruh sangat nyata setelah diuji BNT 5%. Jumlah umbi tertinggi terdapat pada mutan (M5) MB 4 Gy dengan rata-rata 11,9 gram, sedangkan jumlah umbi terendah terdapat pada kontrol.

Tabel 4. Rata-rata Jumlah Umbi Mutan (M5) Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Jumlah Umbi
B (0 Gy)	10,3a
MB 3 Gy	10,5a
MB 4 Gy	11,9b
BNT 5%	**

Keterangan : \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\* menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan sangat berpengaruh nyata terhadap parameter diameter umbi. Jumlah umbi yang dihitung yaitu saat tanaman dilakukan panen berumur 56 HST. Berdasarkan tabel 5 dibawah ini terlihat parameter diameter umbi tanaman bawang merah varietas bawang Bauji adanya pengaruh sangat nyata setelah diuji BNT 5%. Diameter umbi tertinggi terdapat pada kontrol dengan rata-rata 10,1 gram, sedangkan diameter umbi terendah terdapat pada mutan (M5) MB 3 Gy dengan rata-rata 8,6 mm.

Tabel 5. Rata-rata Diameter Umbi Mutan (M5) Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Diameter Umbi
B (0 Gy)	10,1a
MB 3 Gy	8,6a
MB 4 Gy	9,9a
BNT 5%	**

Keterangan : \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\* menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan sangat berpengaruh nyata terhadap parameter berat brangkasan umbi basah, sedangkan parameter berat brangkasan umbi kering menunjukkan pengaruh tidak nyata. Berdasarkan tabel 6 dibawah ini menunjukkan parameter berat brangkasan umbi basah pada mutan (M5) tanaman bawang merah varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  tertinggi pada MB 3 Gy dengan rata-rata 85,2 gram. Sedangkan pada parameter berat brangkasan umbi kering mutan (M5) tanaman bawang merah varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  tertinggi di MB 3 Gy dengan rata-rata 46,6 gram.

Hasil analisis menggunakan uji BNT 5% mutan (M5) tanaman bawang merah varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan sangat berpengaruh nyata terhadap parameter berat umbi. Berdasarkan pada tabel 7 dibawah ini terlihat rata-rata berat umbi pada mutan (M5) tanaman bawang merah hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  dengan rata-rata tertinggi pada perlakuan MB 3 Gy dengan hasil 30,8 gram.

Tabel 6. Rata-rata Berat Brangkasan Umbi basah dan Berat Brangkasan Umbi Kering Mutan (M5) Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Berat Brangkasan Umbi Basah	Berat Brangkasan Umbi Kering
B (0 Gy)	56,8a	35,5a
MB 3 Gy	85,2b	46,6b
MB 4 Gy	69,6ab	44,3b
BNT 5%	**	tn

Keterangan : : tn \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\*menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Tabel 7. Rata-rata Berat Umbi Mutan (M5) Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Perlakuan Bawang Merah (M5)	Berat Umbi
B (0 Gy)	16,9a
MB 3 Gy	30,8b
MB 4 Gy	21,2ab
BNT 5%	**

Keterangan : \*menunjukkan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%, dan \*\* menunjukkan sangat nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%

Keragaman dalam pemuliaan mutasi penting untuk mengetahui sebagai bahan seleksi. Berikut ini adalah nilai standar deviasi, koefisien keragaman genotipe (KKG), koefisien keragaman fenotipe (KKF), dan nilai heritabilitas ( $H^2$ ) pada tabel 8 terlihat bahwasanya Standar deviasi paling tinggi dari pada tiap parameternya dimiliki oleh mutan (M5) yang berlainan. Parameter panjang tanaman, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering, serta berat umbi yaitu pada mutan (M5) MB 4 Gy, sedangkan pada parameter jumlah daun dan umur berbunga terdapat pada kontrol.

Tabel 8. Nilai Pendugaan Parameter Genetik Mutan (M5) Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma  $^{60}\text{Co}$ .

Karakter	Perlakuan Bawang Merah (M5)	Rerata $\pm$ SD	KKG (%)	Ket.	KKF (%)	Ket.	H	Ket.
Panjang Tanaman	B (0 Gy)	2,94	41,6	T	55,11	T	0,57	T
	MB 3 Gy	5,06	71,65	T	80,25	T	0,8	T
	MB 4 Gy	5,24	74,09	T	82,44	T	0,81	T
Jumlah Daun	B (0 Gy)	4,2	70,04	T	83,17	T	0,71	T
	MB 3 Gy	0,5	8,37	S	45,62	T	0,03	R
	MB 4 Gy	1,65	27,51	T	52,61	T	0,27	S
Umur Berbunga	B (0 Gy)	5,3	77,95	T	89,89	T	0,75	T
	MB 3 Gy	2,44	35,78	T	57,33	T	0,39	S
	Mb 4 Gy	1,84	27,1	T	52,35	T	0,27	S
Jumlah Umbi	B (0 Gy)	0,52	15,65	T	26,73	T	0,34	S
	MB 3 Gy	0,88	26,67	T	34,36	T	0,6	T
	MB 4 Gy	1,54	46,74	T	51,52	T	0,82	T
Diameter Umbi	B (0 Gy)	1,2	38,8	T	57,01	T	0,46	S
	MB 3 Gy	1,42	46,14	T	62,24	T	0,55	T
	MB 4 Gy	2,13	69,04	T	80,69	T	0,73	T
Berat Brangkasan Umbi Basah	B (0 Gy)	5,72	68,12	T	170,95	T	0,16	R
	MB 3 Gy	8,01	95,35	T	183,51	T	0,27	S
	MB 4 Gy	18,06	215,03	T	266,13	T	0,65	T
Berat Brangkasan Umbi Kering	B (0 Gy)	8,83	136,03	T	218,97	T	0,39	S
	MB 3 Gy	11,89	183,14	T	250,96	T	0,53	T
	MB 4 Gy	15,71	242	T	296,66	T	0,67	T
Berat Umbi	B (0 Gy)	3,38	70,47	T	138,21	T	0,26	S
	MB 3 Gy	3,4	70,84	T	138,4	T	0,26	S
	MB 4 Gy	7,71	160,88	T	200,05	T	0,65	T

Keterangan : T = Tinggi, S = Sedang, dan R = Rendah

Standar deviasi merupakan besar perbedaan dari nilai setiap sampel terhadap rata-rata, yang berarti bahwa semakin rendah nilai standar deviasi maka keragaman akan semakin rendah, karena nilai dari sampel semakin mendekati rata-rata. Apabila nilai standar deviasi semakin tinggi maka semakin lebar rentang keragaman datanya. Nilai standar deviasi dapat digunakan mengetahui tingkat keragaman dalam suatu populasi. Analisis pendugaan nilai koefisien keragaman genetik (KKG) pada tanaman bawang merah varietas Bauji (M5) hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  dari beberapa parameter yang diamati pada parameter pertumbuhan dan parameter hasil yang berbeda-beda. Nilai koefisien keragaman genetik pada tabel memiliki nilai antara 8,37% hingga 242%. Nilai koefisien keragaman genetik terendah berasal dari MB 3 Gy parameter jumlah daun, sedangkan tertinggi berasal dari MB 4 Gy parameter berat brangkasan umbi kering. Analisis pendugaan nilai koefisien keragaman fenotipe (KKF) pada tanaman bawang merah varietas Bauji (M5) hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan nilai koefisien keragaman fenotipe dari beberapa parameter yang diamati, pada parameter pertumbuhan dan parameter hasil yang berbeda-beda. Nilai koefisien keragaman fenotipe pada tabel memiliki nilai antara 26,73% hingga 296,66%. Nilai koefisien keragaman fenotipe terendah berasal dari kontrol parameter jumlah umbi, sedangkan tertinggi berasal dari MB 4 Gy parameter berat brangkasan umbi kering. Analisis pendugaan nilai heritabilitas pada tanaman bawang merah (M5) varietas Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  menunjukkan bahwa nilai duga heritabilitas pada semua parameter yang dianalisis memiliki kategori yang berbeda, yaitu adanya kategori rendah, sedang dan tinggi. Nilai heritabilitas tertinggi pada parameter panjang tanaman, jumlah umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering dan berat umbi yaitu pada perlakuan MB 4 Gy, sedangkan parameter jumlah daun dan umur berbunga terdapat pada control (Herison 2008; Cahyo and Dinarti 2015; Dwi Lisdyayanti *et al.* 2019)

## 4. Pembahasan

### 4.1 Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma $^{60}\text{Co}$ terhadap Karakter Pertumbuhan

Iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memiliki pengaruh kepada parameter pertumbuhan tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelima. Parameter pengamatan pertumbuhan panjang tanaman

terdapat perbedaan hasil dari tanaman bawang merah varietas Bauji kontrol berumur 7 hari setelah tanam dengan hasil tidak berbeda nyata, sedangkan 14 hari setelah tanam hingga 56 hari setelah tanam memperlihatkan hasil berbeda sangat nyata. Panjang tanaman pada MB 3 Gy dan MB 4 Gy berumur 7 hari setelah tanam hingga 56 hari setelah tanam memperlihatkan hasil berbeda sangat nyata. Rata-rata panjang tanaman paling tinggi ditemukan pada kontrol 55 cm serta panjang tanaman terendah ditemukan pada perlakuan MB 4 Gy sebesar 46,5 cm. Terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tanaman akibat energi iradiasi menyebabkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatnya dosis radiasi yang menurun. Menurut Melina (2009) penghambatan pertumbuhan dengan meningkatnya dosis iradiasi disebabkan oleh terdapatnya kecacatan di dalam sel atau jaringan yang disebabkan oleh energi iradiasi yang tinggi. Radiasi sinar gamma dosis tinggi mampu melakukan gangguan sintesa protein, keseimbangan hormone, pertukaran gas pada daun, pertukaran air serta aktivitas enzim (Herison 2008; Cahyo and Dinarti 2015; Dwi Lisdyayanti *et al.* 2019).

Menurut Kurniajati *et al.* (2020) bahwa iradiasi sinar gamma pada berbagai dosis bisa berakibat pada peningkatan pada banyaknya daun, baik pada perlakuan umbi maupun biji. Iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memiliki pengaruh terhadap parameter jumlah daun perlakuan MB 3 Gy, MB 4 Gy maupun kontrol pada tanaman bawang merah varietas Bauji. Rata-rata jumlah banyaknya daun paling banyak ditemukan pada perlakuan MB 3 Gy yaitu 38,7 helai, dibandingkan dengan MB 4 Gy sebanyak 36,8 helai (Kurniajati *et al.* 2020). Pemberian dosis iradiasi yang semakin tinggi yang diberikan pada tanaman bawang merah, berpengaruh pada semakin tajamnya penyusutan panjang tanaman (Batubara *et al.* 2015).

Iradiasi sinar gamma memegang pengaruh yang sangat nyata pada waktu munculnya bunga. Menurut Saputra (2012), hal ini terjadi karena sel normal di tanaman bisa bertahan hidup, yang mengakibatkan sel-sel di tanaman tumbuh normal lagi serupa dengan tanaman yang tidak menerima perlakuan iradiasi sinar gamma. Namun tetapi, sel normal akan menghilang lalu berpengaruh pada tampilan tanaman yang akan mengikuti sifat yang terbawa oleh sel mutan apabila sel mutan dapat bertahan (Saputra 2012). Hasil dari rata-rata penelitian parameter umur berbunga tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelima terendah pada tanaman kontrol yaitu 40,4 hari,



sedangkan tertinggi pada perlakuan MB 3 Gy yaitu 49,8 hari.

#### 4.2 Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma $^{60}\text{Co}$ terhadap Karakter Hasil

Hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  pada tanaman bawang merah varietas Bauji melakukan pemanenan pada umur 56 hari setelah tanam. Tanaman dirasa sudah siap panen ditandai dengan adanya perubahan warna daun yang mulai menguning, munculnya umbi di permukaan serta daun yang mulai rebah. Dalam Balitbang Hortikultura (2015), dikatakan ciri-ciri bahwa tanaman bawang merah yang siap dipanen adalah batang tanaman telah rebah 60-90%, warna daun yang menguning, serta umbi tersembul di permukaan tanah. Iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memiliki pengaruh pada suatu komponen hasil tanaman bawang merah varietas bawang Bauji. Pada hasil penelitian, terlihat bahwasanya perlakuan iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  pada mutan dalam beberapa parameter ditemukan perbedaan yang nyata (Balitbang Hortikultura 2015).

Perlakuan iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  dapat mempengaruhi hasil penelitian tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelima pada parameter banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangksan umbi basah, berat brangksan umbi kering, serta berat umbi pada tiap mutan. Hasil rata-rata penelitian bawang merah varietas bawang Bauji iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  generasi kelima parameter jumlah umbi tertinggi pada perlakuan MB 4 Gy yaitu 11,9. Menurut Kurniajati *et al* (2020) bahwa iradiasi pada umbi mampu memberikan peningkatan banyaknya daun dan panjang daun, namun umur panen menjadi panjang dibanding tanpa perlakuan (kontrol) (Kurniajati *et al* 2020).

Hasil rata-rata penelitian bawang merah varietas Bauji iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  generasi kelima parameter diameter umbi tertinggi pada kontrol yaitu 10,1 mm. Parameter berat brangksan umbi basah tertinggi yaitu pada perlakuan MB 3 Gy dengan hasil 85,2 gram. Parameter berat brangksan umbi kering tertinggi yaitu pada perlakuan MB 3 Gy dengan hasil 46,5 gram. Sedangkan parameter berat umbi tertinggi pada perlakuan MB 3 Gy dengan hasil 30,8 gram. Penurunan parameter berat brangksan umbi basah, berat brangksan umbi kering dan berat umbi diduga karena iradiasi sinar gamma dalam dosis yang digunakan mengakibatkan efek negatif berwujud gangguan fisiologis pada fase pembentukan umbi, yang mengakibatkan penurunan berat umbi bawang merah dari perlakuan iradiasi sinar gamma MB 4 Gy.

Pengaruh acak dapat diberikan oleh iradiasi yang bisa berwujud memunculkan sifat yang baik sesuai dengan karakter yang diharapkan serta sifat yang negatif, akibat muncul karakter yang tidak diinginkan (Kadir *et al* 2007). Perlakuan iradiasi sinar gamma merupakan energi yang diserap secara langsung serta tidak langsung yang mampu menimbulkan banyaknya keanekaragaman tanaman yang selanjutnya dapat sebagai sumber tetua tanaman. Menurut Asadi (2013), bahwa kelemahan pada pemuliaan mutasi ini adalah bersifat random atau acak (Asadi 2013).

#### 4.3 Keragaman Genetik Mutan (M5) Bawang Merah Varietas Bauji Hasil Iradiasi Sinar Gamma $^{60}\text{Co}$

Pendugaan indikator genetik merupakan suatu hal yang penting diketahui sebagai acuan dalam pemilihan galur mutan yang sesuai dengan tujuan pemulia. Masing-masing tanaman mutan akan membawa daya waris yang berbeda. Tanaman mutan yang memiliki daya waris tinggilah yang diinginkan oleh seorang pemulia sebagai bahan seleksi galur mutan. Pendugaan parameter keragaman genetik ini memakai nilai standar deviasi, koefisien keragaman genotipe (KKG), koefisien keragaman fenotipe (KKF) serta nilai heritabilitas ( $H^2$ ) yang sudah disajikan dalam tabel diatas.

Standar deviasi adalah nilai sebaran data pada setiap parameter pengamatan untuk mengukur kedekatan titik data individu ke rata-rata sampel. Standar deviasi dalam ilmu statistika sering disebut dengan istilah simpangan baku. Tingginya nilai standar deviasi mengindikasikan adanya tingginya keragaman pada karakter yang diamati. Apabila standar deviasi rendah maka keragamannya juga rendah. Menurut Andini *et al* (2021), tanda bahwa semua nilai pada data input tersebut adalah sama adalah apabila nilai standar deviasinya sama dengan nol. Sedangkan lebih tingginya nilai standar deviasi menunjukkan bahwasanya titik data individu tersebut lebih jauh dari rata-rata sehingga data lebih seragam (Novridha Andini *et al* 2021).

Semua nilai dalam himpunan yang kumpulan datanya nol pada standar deviasi merupakan tanda bahwa nilai pada himpunan tersebut ialah sama dan titik data individu jauh dari nilai rata-rata atau disebut beragam apabila nilai deviasi yang lebih besar. Secara umum, hasil perhitungan nilai standar deviasi penelitian bawang merah varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  generasi kelima dalam masing-masing parameter pengamatan memiliki nilai paling tinggi pada perlakuan MB 4 Gy disusul dengan tanaman kontrol.

Perlakuan MB 4 Gy menghasilkan nilai standar deviasi paling tinggi untuk parameter panjang tanaman, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering, dan berat umbi. Sedangkan kontrol menghasilkan nilai standar deviasi tertinggi pada parameter banyaknya daun dan umur berbunga. Nilai standar deviasi yang semakin tinggi mengakibatkan semakin tinggi pula keragaman.

Keragaman tanaman menjadi hal yang sangat penting dalam pemuliaan tanaman. Menurut Trustinah dan Iswanto (2013), keragaman suatu tanaman yang semakin tinggi, akan menciptakan kesempatan untuk didapatkannya genotipe tanaman yang makin baik lewat seleksi semakin besar (Trustinah dan Iswanto 2013). Menurut Arwin (2015), terjadinya keragaman dapat memungkinkan dilakukannya seleksi dan pemilihan genotipe yang diinginkan, sesuai dengan tujuan pemuliaan. Seringnya terjadi dalam pemuliaan tanaman dengan teknik mutasi, dimana dalam tanaman bawang merah varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  generasi kelima sudah termasuk homogen, tetapi diperlukan pemurnian pada generasi lebih lanjut (Arwin 2015).

Dikategorikan keberagaman sempit jika nilai koefisien keragaman rendah hingga agak rendah. Sebaliknya, katakan keberagaman luas jika nilai keragaman cukup tinggi hingga tinggi. Hasil perhitungan koefisien keragaman genotipe pada penelitian tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelimayang terendah pada perlakuan MB 3 Gy parameter jumlah daun yaitu 8,37%, sedangkan hasil tertinggi pada perlakuan MB 4 Gy parameter berat brangkasan umbi kering yaitu 242%. Karakter yang diamati dalam penelitian ini memiliki kategori keragaman yang sempit serta tampilan yang seragam, karena memiliki nilai koefisien keragaman genotipe yang rendah. Hal itu dikarenakan genotipe yang digunakan merupakan genotipe berasal dari genotipe yang serupa dari sebelumnya, sedangkan nilai keragaman yang tinggi dapat dikatakan bahwa keragamannya luas.

Menurut Jalat *et al* (2011), bahwa nilai koefisien keragaman genotipe yang rendah memperlihatkan bahwasanya pengaruh lingkungan lebih mendominasi pada keragaman karakter yang diamati. Nilai koefisien keragaman genotipe sedang memperlihatkan bahwasanya pengaruh faktor genetik serta lingkungan saling memiliki proporsi yang sama dalam mempengaruhi karakter tersebut (Addisu and Shumet 2015). Sementara itu menurut Trustinah dan Iswanto (2012), menyatakan nilai koefisien keragaman

genotipe serta koefisien keragaman fenotipe yang hampir sama atau berdekatan mengindikasikan bahwasanya keragaman pada karakter tersebut lebih didominasi oleh faktor genetik (Trustinah dan Iswanto 2013). Menurut Handayani dan Hidayat (2016), menjelaskan bahwa nilai koefisien keragaman fenotipe yang lebih tinggi dari koefisien keragaman genotipe mengindikasikan bahwa keragaman karakter secara visual (fenotipe) yang ditampilkan lebih mendominasi oleh faktor lingkungan (Handayani and Hidayat 2016). Maka dari itu, seleksi bisa dilakukan berdasar pada penampilan fenotipe karakter-karakter tanaman tersebut. Efektivitas seleksi ini terpengaruhi pada ketersediaan keaneka ragaman dari populasi yang hendak diseleksi. Apabila derajat keragaman dalam suatu populasi makin besar, maka efektivitas seleksi untuk pemilihan suatu karakter yang sama dengan kemauan semakin besar juga keberhasilan mendapatkan karakter yang diinginkan (Paramita Sari *et al.* 2014). Namun seleksi ini beresiko menimbulkan penyimpangan karena dipengaruhi oleh tingginya faktor lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pendugaan parameter genetik lebih lanjut dengan menggunakan nilai heritabilitas.

Heritabilitas adalah suatu ukuran yang digunakan untuk menampakkan proporsi faktor genetik pada faktor lingkungan yang diperlihatkan suatu karakter. Heritabilitas ialah merupakan tolak ukur genetik yang dipergunakan guna dilakukannya penggambaran kemampuan suatu genotipe dalam populasi untuk meurunkan karakter-karakter yang telah dimiliki pada keturunannya. Dengan menggunakan perhitungan heritabilitas, dapat diketahui faktor genetik yang menyebabkan keragaman suatu karakter (Sa'diyah *et al.* 2013). Menurut Syukur *et al* (2010), bahwasanya nilai heritabilitas ialah suatu komponen genetik yang memperlihatkan sebesar apa suatu sifat diturunkan pada turunannya. Hasil nilai duga heritabilitas dalam penelitian hasil iradisi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  generasi kelima pada tanaman bawang merah varietas Bauji yang paling tinggi pada parameter panjang tanaman, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering dan berat umbi yaitu pada perlakuan MB 4 Gy, sedangkan pada parameter banyaknya daun dan umur berbunga terdapat pada kontrol. Tingginya nilai heritabilitas memperlihatkan bahwasanya lebih tingginya efek faktor genetik dibanding dengan faktor lingkungan. Nilai heritabilitas tersebut bisa digunakan untuk kriteria seleksi yang dapat diwariskan ke generasi selanjutnya (Syukur *et al.* 2010). Pendapat tersebut

sejalan dengan Ansari dan Khund (2013) yang menyatakan bahwasanya karakter yang mendapatkan nilai heritabilitas tinggi bisa digunakan sebagai kriteria untuk seleksi oleh generasi selanjutnya (Ansari, 2013).

Keragaman genetik serta heritabilitas sangat memiliki manfaat pada saat proses seleksi. Nilai heritabilitas dapat dijadikan dalam proses seleksi, seleksi bakal efektif apabila suatu populasi mempunyai keragaman genetik yang luas dan nilai heritabilitas yang tinggi. Karakter yang mempunyai nilai heritabilitas yang rendah sampai sedang, sebaiknya dilakukan seleksi oleh generasi selanjutnya agar supaya gen-gen aditifnya sudah terfiksasi. Perlu mengetahui nilai duga heritabilitas suatu karakter guna memperkirakan kemajuan dari sebuah seleksi, apakah faktor tersebut mayoritas terpengaruhi dengan faktor genetik atau faktor lingkungan (Ansari 2013).

## 5. Kesimpulan

Varietas bawang Bauji hasil iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  (generasi 5) menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  memiliki pengaruh nyata pada hasil penelitian tanaman bawang merah varietas Bauji generasi kelima pada parameter banyaknya daun, umur berbunga, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah dan berat umbi. Keragaman tanaman paling tinggi berdasar nilai standar deviasi terdapat di perlakuan MB 4 Gy pada parameter panjang tanaman, banyaknya umbi, diameter umbi, berat brangkasan umbi basah, berat brangkasan umbi kering serta berat umbi. Sedangkan kontrol menghasilkan nilai standar deviasi paling tinggi pada parameter jumlah daun dan umur berbunga.

## 6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

## 7. Daftar Pustaka

- Addisu F, Shumet T. 2015. Variability, Heritability and Genetic Advance for Some Yield and Yield Related Traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Landraces in Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 9(2):68-76. doi:10.3923/IJPBG.2015.68.76. [accessed 2022 Dec 17]. <https://scialert.net/abstract/?doi=ijpbg.2015.68.76>.
- Anpama IS, IR, Moeljani, J. Santoso. 2021. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Terhadap Keragaman Genetik Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum*L.) M4 Varietas Bauji Untuk Perbaikan Varietas. *Agrienvi*. 15(1):59-65.
- Ansari KA, and KA. 2013. Extent of Heterosis and Heritability in Some Quantitative Characters of Bread Wheat. *India Journal Plant Science* . 3:189-192.
- Arwin. 2015. Pengaruh Sinar Gamma Terhadap Keragaman Populasi M3 Galur- galur Mutan Kedelai Umur Genjah. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi Tahun.*:26-32.
- Asadi A. 2013. Pemuliaan Mutasi Untuk Perbaikan Terhadap Umur Dan Produktivitas Pada Kedelai. *Jurnal AgroBiogen*. 9(3):135-142. doi:10.21082/JBIO.V9N3.2013.P135-142. [accessed 2022 Dec 17]. <https://www.neliti.com/id/publications/76974/>.
- Balitbang Hortikultura. 2015. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Jakarta. [accessed 2022 Dec 17]. <http://hortikultura.litbang.pertanian.go.id/web/>.
- Batubara AU (Afifa), Mariati M (Mariati), Sitepu FE (Ferry). 2015. Karakter Pertumbuhan Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) Varietas Lokal Samosir Pada Beberapa Dosis Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 3(1):103639. doi:10.32734/JAET.V3I1.10070. [accessed 2022 Dec 17]. <https://www.neliti.com/id/publications/103639/>.

- Cahyo FA, Dinarti DD. 2015. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan Protocorm Like Bodies Anggrek *Dendrobium lasianthera* (JJ. Smith) secara In Vitro. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 6(3):177-186. doi:10.29244/JHI.6.3.177-186. [accessed 2022 Dec 17]. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jhi/article/view/12686>.
- Damayanti F. 2021. Potensi Pemuliaan Mutasi Radiasi sebagai upaya Peningkatan Variasi Genetik pada Tanaman Hias. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*. 1(2):78-84. doi:10.30998/EDUBIOLOGIA.V1I2.9300. [accessed 2022 Dec 17]. <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/edubiologia/article/view/9300>.
- Datta SK. 2012. Success story of induced mutagenesis for development of new ornamental varieties. *Biodiversity and Bioavailability*. 6(1):15-26. [accessed 2022 Dec 17]. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/2012/BBB\\_6\(SI1\)/BBB\\_6\(SI1\)15-26o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/2012/BBB_6(SI1)/BBB_6(SI1)15-26o.pdf).
- Dwi Lisdyayanti NDL, Anwar S, Darmawati A. 2019. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Induksi Kalus dan Seleksi Tingkat Toleransi Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Salinitas secara In-Vitro. G. Balint, Antala B, Carty C, Mabieme J-MA, Amar IB, Kaplanova A, editors. *Berkala Bioteknologi*. 0(0):343-354. doi:10.2/JQUERY.MIN.JS. [accessed 2022 Dec 17]. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bb/article/view/6716>.
- Gusti I, Ngurah A, Putra AK, Sutapa GN, Gde I, Kasmawan A, Fisika J, Matematika F, Ilmu D, Alam P. 2017. Pemanfaatan Radiasi Gamma Co-60 Dalam Pemuliaan Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* L.) Dengan Metode Mutagen Fisik. *Buletin Fisika*. 18(1):12-19. [accessed 2022 Dec 17]. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/buletinfisika/article/view/31548>.
- Handayani T, Hidayat IM. 2016. Keragaman Genetik dan Heritabilitas Beberapa Karakter Utama pada Kedelai Sayur dan Implikasinya untuk Seleksi Perbaikan Produksi. *Jurnal Hortikultura*. 22(4):327-333. doi:10.21082/jhort.v22n4.2012.p327-333. [accessed 2022 Dec 17]. <https://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jhort/article/view/682>.
- Herison C, RSHS, SIA. 2008. Induksi Mutasi melalui Sinar Gamma Terhadap Benih untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (*Zea mays* L.). *Akta Agrosia*. 11(1):57-62.
- Hutami S, Mariska I, Yati Supriati. 2016. Peningkatan Keragaman Genetik Tanaman melalui Keragaman Somaklonal. *Jurnal AgroBiogen*. 2(2):81-88. doi:10.21082/jbio.v2n2.2006.p81-88. [accessed 2022 Dec 17]. <https://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/ja/article/view/3704>.
- Kadir A, Sutjahjo SH, Wattimena GA, Mariska I. 2007. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Pada Pertumbuhan Kalus Dan Keragaman Planlet Tanaman Nilam. *Jurnal AgroBiogen*. 3(1):24-31. doi:10.21082/JBIO.V3N1.2007.P24-31. [accessed 2022 Dec 17]. <https://www.neliti.com/id/publications/75834/>.
- Kurniajati WS, Sobir S, Aisyah SI. 2020. Penentuan Dosis Iradiasi Sinar Gamma dalam Meningkatkan Keragaman untuk Perbaikan Karakter Kuantitatif Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 16(2):83-89. doi:10.17146/JAIR.2020.16.2.5962. [accessed 2022 Dec 17]. <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jair/article/view/5962>.
- Muhammad Afwan. 2020. Induksi Mutasi Fisik Iradiasi Sinar Gamma 60Co Pada Umbi Bawang Merah (*Allium Cepa* Var *Ascalonikum*. Linn) Varietas Bauji [Skripsi]. [Surabaya]: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. [accessed 2022 Dec 17]. <http://repository.upnjatim.ac.id/860/1/Cover.pdf>.
- Novridha Andini S, Kartahadimaja J, Miranda Ferwita Sari. 2021. Seleksi Mutan Generasi Dua (M2) Kedelai Hitam Terhadap Produksi Tinggi. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1):32-39. doi:10.25181/JPPT.V21I1.1950. [accessed 2022 Dec 17]. <https://jurnal.polinela.ac.id/jppt/article/view/1950>.
- Paramita Sari W, Respatijarti, Damanhuri. 2014. Keragaman Dan Heritabilitas 10 Genotip Pada Cabai Besar (*Capsicum Annuum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 2(4):127833. doi:10.21176/PROTAN.V2I4.110. [accessed 2022 Dec 17]. <https://www.neliti.com/id/publications/127833/>.

- Sa'diyah N, Widiastuti M, Ardian. 2013. Keragaan, Keragaman, Dan Heritabilitas Karakter Agronomi Kacang Panjang (*Vigna Unguiculata*) Generasi F1 Hasil Persilangan Tiga Genotipe. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(1):32–37. doi:10.23960/JAT.V1I1.1885. [accessed 2022 Dec 17]. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/view/1885>.
- Saputra MHC. 2012. Pengaruh Mutasi Fisik Melalui Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Keragaan Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.) [Skripsi]. [Bogor]: Institut Pertanian Bogor (IPB). [accessed 2022 Dec 17]. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/58854>.
- Suprasanna P, Nakagawa H. 2012 Oct 24. Mutation breeding of vegetatively propagated crops. *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*.:347–358. doi:10.1079/9781780640853.0347.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yunianti R, Nida K. 2010. Pendugaan Komponen Ragam, Heritabilitas dan Korelasi untuk Menentukan Kriteria Seleksi Cabai (*Capsicum annum* L.) Populasi F5. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 1(2):74–80. doi:10.29244/JHI.1.2.74-80. [accessed 2022 Dec 17]. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jhi/article/view/11353>.
- Tia ASN, Moeljani IR, Guniarti G. 2021. Induksi Mutasi Radiasi Sinar Gamma 60co Terhadap Pertumbuhan Fisiologis Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L) Varietas Prentul Kediri. *Agrienvi: Jurnal Ilmu Pertanian*. 15(2):52–58. [accessed 2022 Dec 17]. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/aev/article/view/3901>.
- Togatorop ER, Iis Aisyah S, Rizal M Damanik dan M. 2016. Pengaruh Mutasi Fisik Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaman Genetik dan Penampilan *Coleus blumei*. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 7(3):187–194. doi:10.29244/JHI.7.3.187-194. [accessed 2022 Dec 17]. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jhi/article/view/16546>.
- Trustinah dan Iswanto R. 2013. Keragaman Bahan Genetik Galur Kacang Hijau. *Prosiding Inovasi Teknologi dan Kajian Ekonomi Komoditas Aneka Kacang dan Umbi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.:465–472.