

Info Artikel Diterima Agustus
Disetujui Oktober
Dipublikasikan November

STUDI RADIOSENSITIVITAS DAN RESPON PERTUMBUHAN STADIA AWAL DUA VARIETAS CABAI RAWIT (*Capsicum Frustecens*) HASIL IRADIASI SINAR GAMMA

RADIOSENSITIVITY STUDY AND GROWTH RESPONSE IN EARLY STAGE OF TWO VARIETIES CAYENE PEPPER (*Capsicum Frustecens*) AS A RESULT OF GAMMA RAYS IRRADIATION

**Nailan Nabila^{1*}, Ratih Setyowati², Rima Margareta Retnyo Gumelar¹,
Amalia Nurul Huda¹**

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas
Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

² Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan
Nasional “Veteran” Yogyakarta

Email: nailan.nabila@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Cayene pepper is national strategic vegetable commodity which is widely consumed by Indonesian. National pepper consumption has increased in line with increasing population so the production and quality of pepper need to be increased for creating national food security. Increasing the production and quality can be achieved through assembling superior varieties using mutation. The objective of this research are to evaluate the growth response in early stages of two varieties cayenne pepper irradiated using gamma-ray mutagen and determine the optimal dose of gamma-rays that will increase the frequency of mutant occurrence. This study was conducted in May-July 2023 at the nursery in Wedomartani, Sleman using two factor completely randomized design, namely variety (Ori 212 and Caliber) and doses of gamma irradiation (0, 100, 200, 300, 400, and 500 Gy). Our finding showed that growth of cayenne pepper in the early stages was influenced by the interaction between varieties and doses of gamma-ray irradiation. Gamma rays irradiation by using 100 Gy and 200 Gy at Ori 212 variety and the Caliber variety at dose 100 Gy gave positive response to plant growth at early stage compared to controls. At doses of 400 and 500 Gy gamma rays on the Ori 212 variety, the germinated plants were unable to grow and the plants died. The recommended dose of gamma rays that would increase the frequency of occurrence of mutants were 249.97 – 288.48 Gy for the Ori 212 variety and dose of 383.29 – 521 Gy for the Caliber variety.

Keywords: *cayene pepper, gamma rays, irradiation, mutant, mutation*

ABSTRAK

Cabai rawit merupakan komoditas sayuran strategis nasional yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Konsumsi cabai rawit nasional mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk sehingga produksi

dan kualitas cabai perlu ditingkatkan agar tercipta ketahanan pangan nasional. Peningkatan produksi dan kualitas cabai dapat dilakukan melalui perakitan varietas unggul menggunakan teknologi mutasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respon pertumbuhan stadia awal pada dua varietas cabai rawit hasil mutasi sinar gamma dan menentukan dosis rekomendasi sinar gamma yang akan meningkatkan frekuensi terjadinya mutan. Penelitian dilaksanakan pada Mei-Juli 2023 di Kebun persemaian, Wedomartani, Sleman. Rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor, yaitu varietas (Ori 212 dan Kaliber) dan dosis iradiasi sinar gamma (0, 100, 200, 300, 400, dan 500 Gy). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan cabai rawit pada stadia awal dipengaruhi oleh hasil interaksi antara jenis varietas dan dosis iradiasi sinar gamma. Iradiasi sinar gamma menggunakan varietas Ori 212 dosis 100 Gy dan 200 Gy dan varietas Kaliber dosis 100 Gy memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman pada stadia awal dibandingkan kontrol. Pemberian dosis sinar gamma 400 dan 500 Gy pada varietas Ori 212 menyebabkan tanaman yang telah berkecambah tidak mampu tumbuh dan tanaman mati. Rekomendasi dosis sinar gamma yang akan meningkatkan frekuensi terjadinya mutan yaitu 249.97 – 288.48 Gy untuk varietas Ori 212 dan dosis 383.29 – 521 Gy untuk varietas Kaliber.

Kata kunci: cabai rawit, iradiasi, mutan, mutasi, sinar gamma

PENDAHULUAN

Komoditas cabai merupakan komoditas sayuran strategis nasional yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Cabai memberikan cita rasa kuliner yang khas dan menjadi salah satu bumbu pada masakan Indonesia. Selain itu cabai juga banyak dimanfaatkan oleh industri dalam pembuatan saos dan sambal rumahan produksi UMKM yang berkembang pada saat ini. Hal ini tidak terlepas dari adanya perubahan gaya hidup masyarakat yang menyukai makanan dengan tingkat kepedasan tertentu dan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan konsumsi cabai yang ada di Indonesia.

Produksi cabai rawit di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 1 386.45 ribu ton. Capaian produksi tersebut mengalami penurunan sebesar 8.09% dibandingkan tahun sebelumnya. Penurunan ini pertama kalinya terjadi pada produksi cabai rawit dalam kurun waktu lima tahun terakhir. Sedangkan tingkat konsumsi cabai rawit untuk sektor rumah tangga mengalami peningkatan sebesar 10.25% dibandingkan tahun 2020 sebesar 528.14 rb ton. Rumah tangga menjadi sektor utama yang memanfaatkan cabai dalam konsumsi sehari-hari. Konsumsi cabai rawit sebesar 75.72% dari total konsumsi cabai rawit nasional (Badan Pusat Statistik [BPS], 2022). Tren peningkatan konsumsi cabai nasional baik sektor rumah tangga maupun industri tidak terlepas dari peningkatan jumlah penduduk Indonesia. Oleh karena itu, produksi dan kualitas hasil cabai nasional juga perlu dilakukan peningkatan agar tercipta ketahanan pangan nasional. Peningkatan produksi dan kualitas hasil cabai dapat dilakukan melalui ekstensifikasi dan intensifikasi pertanian. Upaya intensifikasi pertanian yang dapat dilakukan yaitu penggunaan varietas unggul dalam kegiatan budidaya tanaman cabai.

Tahapan awal dalam perakitan varietas unggul adalah pembentukan populasi dasar dengan tingkat keragaman genetik yang tinggi. Peningkatan keragaman genetik dapat dilakukan melalui eksplorasi, introduksi, hibridisasi, dan mutasi (Damayanti, 2021; Handayani et al., 2018; Suryani & Owbel, 2019; Utomo et al., 2021). Pembentukan keragaman genetik melalui mutasi memiliki beberapa kelebihan, yaitu: menciptakan karakter baru yang tidak dimiliki tanaman induk, memperbaiki salah satu sifat dengan tetap mempertahankan karakter unggul lain yang sudah dimiliki, serta dapat memisahkan pautan gen (Harsanti & Yulidar, 2019). Keberhasilan perakitan varietas tanaman melalui induksi mutasi telah banyak dihasilkan. Sebanyak 3402 varietas hasil pemuliaan mutasi terdaftar pada database IAEA (International Atomic Energy Agency) sampai dengan Februari 2023. Indonesia telah mendaftarkan 52 varietas hasil mutasi pada database IAEA, namun belum ada varietas hasil mutasi tanaman cabai yang dilaporkan. Di dunia terdapat 16 varietas cabai hasil mutasi yang dilaporkan (International Energy Atomic Agency, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa perakitan varietas unggul di Indonesia melalui mutasi masih belum dimanfaatkan dengan optimal dan intensif.

Tingkat keberhasilan induksi mutasi menggunakan sinar gamma dalam perakitan varietas tanaman ditentukan oleh studi radiosensitivitas berdasarkan nilai LD50 (*Lethal Dose 50*) dan GR50 (*growth reduction 50*). Penentuan nilai LD 50 pada generasi M1 yang tepat dapat membantu dalam mengoptimalkan hasil keragaman genetik yang dihasilkan pada M2 (Shu et al., 2012). Tingkat keragaman tertinggi hasil mutasi akan terlihat pada generasi M2. Nilai LD50 berbeda-beda bergantung pada jenis tanaman yang digunakan, varietas, dan bagian tanaman yang akan dimutasi. Beberapa dosis LD50 yang menghasilkan keragaman genetik telah dilaporkan seperti cabai rawit varietas prentul sebesar 572.917 Gy (Tias et al., 2022), Cabai lokal karo sebesar 288,269 Gy (Tarigan et al., 2021), dan cabai merah kultivar laris sebesar 400 Gy (Sa'diyah et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respon pertumbuhan stadia awal pada dua varietas cabai rawit hasil mutasi sinar gamma dan menentukan dosis rekomendasi sinar gamma yang akan meningkatkan frekuensi terjadinya mutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2023 di Kebun persemaian, Wedomartani, Sleman dengan ketinggian tempat sekitar 400 mdpl. Iradiasi sinar gamma dilakukan di Badan Riset dan Inovasi Nasional - Badan Tenaga Nuklir Nasional (BRIN - BATAN).

Bahan tanaman yang digunakan pada percobaan ini terdiri dari benih cabai rawit varietas Ori 212 dan Kaliber. Bahan lain yang digunakan yaitu pupuk kandang, plastik semai, furadan. Peralatan yang digunakan pada penelitian yaitu irradiator Gamma Chamber 400 A.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan model rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor, yaitu varietas dan taraf dosis iradiasi sinar gamma. Taraf dosis yang digunakan sebanyak 6 taraf, yaitu 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 Gy. Varietas yang digunakan yaitu varietas Ori 212 dan Kaliber. Setiap perlakuan

diulang sebanyak 3 kali sehingga pada penelitian ini terdapat 36 satuan percobaan. Adapun model aditif linier dari rancangan tersebut sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = nilai pengamatan pengaruh faktor α ke-i, faktor β ke j

μ = rata-rata umum

α_i = pengaruh genotipe ke-i

β_j = pengaruh dosis ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interaksi pengaruh antara faktor α ke i, faktor β ke j

ρ_k = pengaruh kelompok

ε_{ij} = galat percobaan

Sebanyak 75 benih cabai dari masing-masing varietas pada setiap dosis iradiasi ditanam pada plastik semai dengan ukuran lubang 5 x 5 cm pada persemaian. Media tanam menggunakan campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Furadan diberikan pada lubang tanam dan sekitaran plastik semai untuk menghindari serangan hama. Penyiraman dilakukan satu kali sehari, yaitu pada pagi hari.

Pengamatan dilakukan terhadap banyaknya benih tanaman yang berkecambah pada 14 hari setelah tanam (HST) dan banyaknya tanaman yang mampu bertahan hidup pada 28 HST. Persentase perkecambahan benih pada setiap dosis iradiasi dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase perkecambahan} = \frac{\text{banyaknya biji berkecambah}}{\text{banyak biji berkecambah pada kontrol}} \times 100$$

Persentase kecambah bertahan hidup setiap dosis dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Persentase kecambah bertahan hidup} \\ = \frac{\text{banyaknya biji hidup pada 28 HST}}{\text{banyaknya biji hidup pada 14 HST}} \times 100 \end{aligned}$$

Analisis nilai LD 50 dihitung menggunakan data tanaman yang hidup pada 28 HST dalam bentuk presentase, yaitu:

$$\text{Tanaman hidup (\%)} = \frac{\text{banyaknya tanaman hidup per dosis radiasi}}{\text{banyaknya tanaman hidup pada kontrol}} \times 100$$

Data perkecambahan yang diperoleh disusun menjadi grafik regresi menggunakan Microsoft excel. Parameter lain yang diamati pada penelitian ini yaitu tinggi hipokotil, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun. Data diuji menggunakan uji-f pada taraf 5%. Jika hasil yang diperoleh berpengaruh nyata maka dilanjutkan uji lanjut BNJ pada taraf 5% menggunakan aplikasi STAR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Pertumbuhan

Waktu mulai berkecambah, persentase perkecambahan dan kecambah bertahan hidup merupakan salah satu variabel penting pada penelitian mutasi menggunakan bahan material berupa benih tanaman. Pada parameter waktu berkecambah, perlakuan iradiasi dosis 100 Gy (7 HSS) mampu mempercepat waktu berkecambah dibandingkan kontrol (11 HSS) pada dua varietas yang diuji. Pada varietas Ori 212, perlakuan iradiasi dosis 400 dan 500 Gy memerlukan waktu perkecambahan tanaman yang lebih lama dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kerusakan pada benih akibat dosis

tinggi sinar gamma sehingga tanaman memerlukan akumulasi energi yang lebih besar agar dapat berkecambah dan memerlukan waktu yang lebih lama. Penggunaan dosis radiasi yang tinggi menyebabkan banyak kerusakan fisik pada tanaman, sehingga untuk mendapatkan tanaman yang memiliki hasil lebih baik digunakan dosis sinar gamma yang lebih rendah (Wahyuni et al., 2022).

Persentase perkecambahan menurun seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma kecuali pada dosis 100 Gy dan 200 Gy sebesar 97.33 % (Tabel 1). Pada dosis tersebut, varietas Ori 212 dan Kaliber memiliki persentase perkecambahan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (0 Gy) sebesar 96%. Akan tetapi, jumlah tanaman yang mampu bertahan hidup setelah 28 hari setelah semai (HSS) memiliki kemampuan ketahanan hidup yang berbeda-beda. Varietas Kaliber dosis 200 memiliki kemampuan bertahan hidup sebesar 46.67%. Angka tersebut lebih rendah dibandingkan kontrol yaitu sebesar 80%. Pada varietas Ori 212, pemberian dosis sinar gamma 100 dan 200 Gy, memiliki persentase kecambah bertahan hidup yang lebih tinggi dibanding kontrol (66.67%) yaitu sebesar 96.00% dan 94.67% (Tabel 1). Pada fase awal tanaman mampu berkecambah namun tidak dapat bertahan hidup karena adanya kerusakan pada biji dan genetik tanaman sehingga pertumbuhannya menjadi kurang optimal. Pertumbuhan yang kurang optimal mengakibatkan tanaman mengalami kematian. Kerusakan pada benih tanaman karena sinar gamma bersifat acak. Semakin besar kerusakan yang terjadi pada biji dan genetik cabai rawit akibat iradiasi sinar gamma akan mengakibatkan perkecambahan yang lambat atau kematian pada tanaman. Hambatan dalam perkecambahan benih bisa berdampak positif dan negatif tergantung pada tingkat abnormalitas seluler dan modifikasi stimulasi yang muncul karena penyinaran sinar gamma yang dapat dilihat pada persentase perkecambahan, kemunculan kecambah, dan kelangsungan hidup kecambah (Majeed et al., 2018). Penurunan perkecambahan berkaitan dengan tingkat sensitivitas dari bahan genetik yang diradiasi sehingga dilakukan pengukuran tingkat sensitivitas menggunakan perhitungan radiosensitivitas (Purba et al., 2022).

Tabel 1. Persentase Perkecambahan dan Kecambah Bertahan Hidup Dua Varietas Cabai Rawit Pada Berbagai Dosis Sinar Gamma.

Dosis	Waktu Berkecambah (HSS)		Persentase Perkecambahan (%)		Persentase Kecambah Bertahan Hidup (%)		Perbandingan Persentase Kecambah Bertahan Hidup terhadap Kontrol (%)	
	ORI 212	Kaliber	ORI 212	Kaliber	ORI 212	Kaliber	ORI 212	Kaliber
	0	11	11	96.00	96.00	66.67	80.00	100.00
100	7	7	97.33	97.33	96.00	82.67	144.00	103.33
200	11	11	97.33	97.33	94.67	46.67	142.00	58.33
300	11	11	93.33	93.33	42.67	74.67	64.00	93.33
400	14	11	84.00	93.33	0.00	49.33	0.00	61.67
500	14	11	78.67	94.67	0.00	56.00	0.00	70.00

Terdapat perbedaan kemampuan bertahan hidup diantara kedua varietas yang diuji, meskipun pada awal perkecambahan memiliki nilai daya berkecambah yang sama. Varietas Ori 212 memiliki persentase kecambah bertahan hidup terhadap kontrol yang menurun drastis pada dosis 400 Gy dan 500 Gy sebesar 0% (Tabel 1). Pada kedua dosis tersebut, semua tanaman yang telah berkecambah mengalami kematian. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma dosis 400 Gy ke atas pada benih cabai rawit varietas Ori 212 mengakibatkan kerusakan genetik yang mengganggu metabolisme tanaman sehingga tanaman yang telah berkecambah tidak mampu bertahan hidup. Varietas Kaliber memiliki kemampuan bertahan hidup yang lebih baik meskipun terjadi penurunan sebesar 70% dibandingkan kontrol (Tabel 1). Pada dosis radiasi sinar gamma yang tinggi, sel-sel tanaman yang terpapar sinar gamma tidak mampu pulih dengan baik, sehingga menyebabkan kematian sel dan menghambat kemampuan regenerasi selanjutnya (Afghani, 2022). Dosis sinar gamma yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan genomik dan menghasilkan radikal bebas tertentu yang dapat mempengaruhi perkecambahan tanaman dan faktor-faktor pertumbuhan ke arah negatif sehingga perkecambahan tanaman terhenti, tanaman tidak mampu bertahan hidup, dan pertumbuhan yang abnormal (Majeed et al., 2018).

Tabel 2. Analisis Sidik Ragam dan Nilai Tengah Karakter Tinggi Hipokotil dan Jumlah Daun pada Dua Varietas Cabai Rawit Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Dosis (Gy)	Tinggi Hipokotil (cm)						Jumlah Daun (helai)									
	ORI 212			Kaliber			ORI 212			Kaliber						
0	6.47	±	1.59	bB	8.28	±	1.49	bA	6.06	±	0.24	aA	5.78	±	0.43	aA
100	9.03	±	1.48	aA	9.50	±	1.15	aA	5.72	±	0.57	aA	5.94	±	0.24	aA
200	6.61	±	0.98	bA	6.44	±	1.02	cA	5.67	±	0.69	aA	3.22	±	1.11	cA
300	1.56	±	0.38	cB	4.61	±	0.88	dA	4.11	±	0.58	bB	5.39	±	0.85	aA
400	0.00	±	0.00	dB	4.86	±	1.07	dA	0.00	±	0.00	cB	5.67	±	0.59	aA
500	0.00	±	0.00	dB	1.96	±	0.69	eA	0.00	±	0.00	cB	4.39	±	0.78	bA
Interaksi	**						**									
Dosis	**						**									
Varietas	**						**									

Keterangan : nilai tengah yang diikuti huruf yang sama menunjukkan respon yang tidak signifikan berdasarkan uji lanjut DMRT. Huruf kapital menunjukkan perbandingan varietas pada setiap dosis; huruf kecil menunjukkan perbandingan dosis pada setiap varietas.

Karakter pertumbuhan yang diamati pada penelitian ini terdiri dari tinggi hipokotil, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun. Tinggi hipokotil pada varietas Ori 212 berkisar antara 0 – 9.03 cm, sedangkan pada varietas kaliber antara 1.96 – 9.50 cm. Berdasarkan hasil sidik ragam, terdapat interaksi antara varietas dengan dosis radiasi pada karakter tinggi hipokotil dan jumlah daun. Tanaman dengan dosis 100 Gy pada varietas Ori 212 dan Kaliber memiliki tinggi

hipokotil yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol (0 Gy) yaitu 9.03 ± 1.48 cm dan 9.50 ± 1.15 cm. Perlakuan dosis rendah (100 dan 200 Gy), tinggi hipokotil antara varietas Ori 212 dan Kaliber tidak berbeda signifikan. Pada dosis 0, 300, 400 dan 500 Gy, varietas Kaliber memiliki tinggi hipokotil yang lebih tinggi dibandingkan Ori 212 (Tabel 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa respon tinggi hipokotil bergantung pada varietas tanaman yang diiradiasi. Tinggi hipokotil akan semakin rendah seiring dengan meningkatnya dosis radiasi. Dosis tinggi akan mengakibatkan penurunan proses fisiologis sehingga memberikan respon tinggi hipokotil yang berbeda-beda. Penurunan tinggi bibit akibat peningkatan dosis sinar gamma disebabkan oleh kekurangan air dan serapan unsur hara pada tanaman karena pertumbuhan dan perkembangan akar yang kurang optimal (Ernest et al., 2020). Pada dosis tertentu, pemberian iradiasi sinar gamma mampu meningkatkan jumlah daun dan panjang daun pada tanaman bawang merah (Kurniajati et al., 2020).

Karakter jumlah daun dipengaruhi oleh interaksi antara varietas tanaman dan dosis iradiasi. Jumlah daun berkurang seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi. Besar kecilnya -penurunan jumlah daun juga ditentukan jenis varietasnya. Varietas kaliber memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan Ori 212 pada dosis iradiasi 300 – 500 Gy, sedangkan pada dosis 0-100 Gy jumlah daun diantara kedua varietas tersebut sama banyaknya. Pada Varietas Ori 212 dosis 100 -200 Gy (5.72 helai; 5.67 helai) dan varietas Kaliber dosis 100 Gy (5.94 helai), memiliki jumlah daun yang tidak berbeda dengan kontrolnya (0 Gy) yaitu 6.06 helai untuk Ori 212 dan 5.78 helai untuk kaliber (Tabel 2). Pada dosis sinar gamma yang rendah mampu merangsang karakter pertumbuhan tanaman melalui modifikasi genom secara langsung dan regulasi seluler seperti sistem hormonal, efisiensi enzimatis, peningkatan potensi anti-oksidatif, dan modifikasi membran sel sehingga pembelahan sel menjadi lebih efisien, laju fotosintesis tinggi, dan tanaman lebih tahan dalam menghadapi cekaman lingkungan (Majeed et al., 2018).

Tabel 3. Analisis Sidik Ragam dan Nilai Tengah Karakter Panjang dan Lebar Daun pada Dua Varietas Cabai Rawit Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Dosis (Gy)	Panjang Daun (cm)				Lebar Daun (cm)			
	ORI 212		Kaliber		ORI 212		Kaliber	
0	3.75 ± 0.42	^{aA}	4.02 ± 0.31	^{aA}	2.71 ± 0.26	^{aA}	2.86 ± 0.31	^{aA}
100	3.34 ± 0.45	^{bB}	4.05 ± 0.36	^{aA}	2.49 ± 0.34	^{abB}	2.83 ± 0.25	^{aA}
200	3.19 ± 0.30	^{bA}	1.94 ± 0.48	^{dB}	2.38 ± 0.35	^{bA}	1.36 ± 0.56	^{dB}
300	1.74 ± 0.25	^{cB}	2.90 ± 0.42	^{cA}	1.18 ± 0.27	^{cB}	2.07 ± 0.29	^{cA}
400	0.00 ± 0.00	^{dB}	3.19 ± 0.30	^{bA}	0.00 ± 0.00	^{dB}	2.36 ± 0.36	^{bA}
500	0.00 ± 0.00	^{dB}	2.06 ± 0.30	^{dA}	0.00 ± 0.00	^{dB}	1.45 ± 0.22	^{dA}
Interaksi	**				**			
Dosis	**				**			
Varietas	**				**			

Keterangan : nilai tengah yang diikuti huruf yang sama menunjukkan respon yang tidak signifikan. Huruf kapital menunjukkan perbandingan varietas pada setiap dosis; huruf kecil menunjukkan perbandingan dosis pada setiap varietas

Ukuran daun ditentukan oleh hasil interaksi antara varietas dengan dosis iradiasi sinar gamma. Secara umum, ukuran daun akan semakin kecil seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi sinar gamma (Gambar 1). Besar kecilnya penurunan ukuran daun dibandingkan kontrol (0 Gy) berbeda antara satu varietas dengan varietas lainnya. Varietas kaliber memiliki panjang dan lebar daun yang lebih besar dibandingkan Ori 212 pada setiap dosis iradiasi kecuali pada dosis 200 Gy. Pada dosis tersebut, kecambah memiliki panjang daun sebesar 1.94 cm dan lebar 1.36 cm. Pada varietas Ori 212, dosis 200- 500 Gy, memiliki panjang dan lebar daun yang signifikan lebih pendek dibandingkan kontrol (0 Gy), sedangkan pada dosis 100 Gy, ukuran panjang daun signifikan lebih pendek dengan lebar daun yang tidak berbeda dengan kontrolnya. Ukuran daun pada varietas Kaliber dengan dosis 200 – 500 Gy, memiliki panjang dan lebar daun yang signifikan lebih pendek dibandingkan kontrol, sedangkan pada dosis 100 Gy memiliki ukuran daun yang tidak berbeda dengan kontrol (Tabel 3). Ukuran daun akan semakin kecil seiring dengan meningkatnya dosis radiasi sinar gamma. Ukuran daun yang semakin sempit akan menurunkan kuantitas hasil fotosintat yang dihasilkan juga akan semakin sedikit, hasil fotosintat tersebut digunakan tanaman untuk proses pertumbuhan. Salah satu indikator pertumbuhan yang diamati pada penelitian ini adalah tinggi hipokotil dan jumlah daun (Tabel 2). Iradiasi sinar gamma mampu merubah karakter morfologi tanaman (Monikasari et al., 2018). Adanya perubahan morfologi daun tanaman akibat sinar gamma merupakan respon fisiologi tanaman karena adanya kerusakan pada kromosom daun sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu (Due et al., 2019).



Gambar 1. Morfologi daun cabai rawit varietas Ori 212 (a) dan varietas Kaliber (b) pada berbagai dosis iradiasi sinar gamma

Studi Radiosensitivitas

Tingkat sensitivitas cabai rawit terhadap perlakuan sinar gamma dianalisis berdasarkan nilai *lethal dose* (LD) 50 dan *growth reduction* (GR) 50. Tingkat sensitivitas genotipe yang diiradiasi sinar gamma menentukan keberhasilan kegiatan pemuliaan tanaman menggunakan teknik mutasi. Nilai LD50 menjadi salah satu parameter yang digunakan dalam penentuan tingkat sensitivitas, rekomendasi dosis optimal yang mampu meningkatkan frekuensi mutan dan peningkatan keragaman genetik.

Tingkat sensitivitas benih cabai rawit terhadap mutagen sinar gamma berbeda – beda pada dua varietas yang diuji. Varietas Ori 212 lebih sensitif terhadap iradiasi sinar gamma dibandingkan Kaliber. Nilai LD 50 yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 249.97 Gy untuk varietas Ori 212 dan 521 Gy untuk varietas Kaliber (Tabel 4). Nilai LD50 yang lebih rendah menunjukkan bahwa varietas Ori 212 memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan Kaliber setelah diberi perlakuan sinar gamma. Perbedaan sensitivitas tanaman terhadap sinar gamma karena adanya keragaman kadar air dan kemampuan ionisasi benih yang berbeda-beda antar varietas (Insani et al., 2022). Nilai LD 50 cabai rawit varietas prentul sebesar 572.917 Gy (Tias et al., 2022), Cabai orange Chuotinho sebesar 260.61 Gy (Ulinuha et al., 2022), varietas lokal tulung agung sebesar 409.52 Gy, varietas lokal ponorogo sebesar 453.74 Gy (Makhziah & Soedjarwo, 2023), koleksi genotipe G1 dari turunan cakra hijau sebesar 400 Gy (Arumingtyas & Ahyar, 2022). Nilai LD50 ditentukan oleh faktor-faktor seperti jenis tanaman, bagian tanaman yang diiradiasi, fase tumbuh, ukuran, dan tingkat kekerasan bahan yang diiradiasi (Tias et al., 2022;). Keragaman genetik yang teramati pada dosis LD50 meningkatkan keragaman pada beberapa karakter fenotipe tanaman yang menunjukkan bahwa keragaman akibat dari iradiasi sinar gamma bersifat acak (Kurniajati et al., 2020).

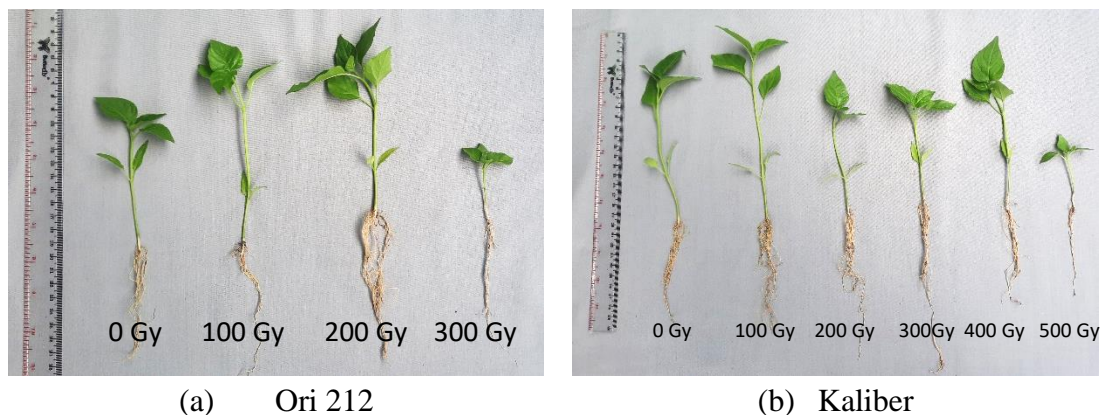
Tabel 4. Nilai LD50 dua varietas cabai rawit hasil iradiasi sinar gamma

Genotipe	Persamaan	R ²	LD50 (Gy)
Ori 212	$y = -0.1924x + 98.095$	0.69	249.97
Kaliber	$y = -0.0549x + 78.603$	0.41	521.00

Keterangan : R² = koefisien determinasi

Penentuan dosis optimal mutagen pada pemuliaan mutasi merupakan salah satu titik kritis dalam pengembangan genotipe baru yang memiliki sifat agronomi baik. Hasil penelitian Ernest et al., 2020 menunjukkan bahwa penentuan dosis rekomendasi menggunakan parameter pertumbuhan seperti panjang akar dan pucuk lebih efektif dibandingkan pengamatan pada karakter biji seperti perkecambahan ketika menentukan dosis optimum mutagen.

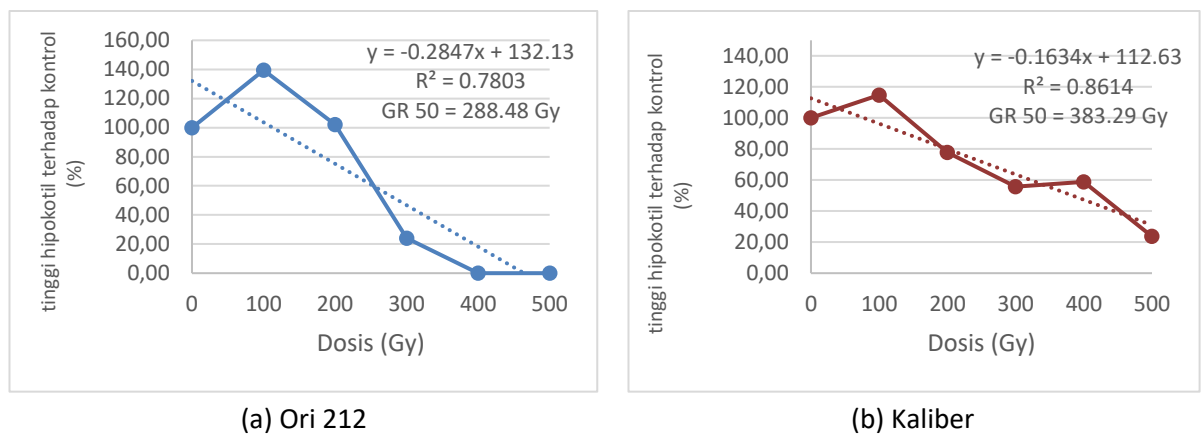
Penurunan pertumbuhan/*growth reduction* (GR) akibat perlakuan dosis sinar gamma pada tanaman cabai rawit ditentukan berdasarkan hasil persamaan regresi. Nilai GR 50 pada penelitian ini dihitung pada besaran 50%, yang menunjukkan terjadinya penurunan pertumbuhan karakter fenotipe sebesar 50% dibandingkan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya dosis sinar gamma berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Namun, pada dosis rendah yaitu 100 Gy dan 200 Gy memberikan respon pertumbuhan tanaman yang menguntungkan pada karakter tinggi hipokotil, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun pada varietas Ori 212 dan Kaliber (Gambar 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis iradiasi mempengaruhi kemampuan benih berkecambah dan keragaan karakter vegetatif tanaman. Adanya perkembangan abnormal yang disebabkan oleh penghambatan produksi auksi, penyimpangan kromosom, dan penurunan asimilasi mengakibatkan benih tanaman yang terpapar radiasi dosis lebih rendah memiliki vigor tanaman yang lebih baik dibandingkan benih yang terpapar dosis tinggi (Tarigan et al., 2021).



Gambar 2. Keragaan tanaman cabai rawit varietas Ori 212 (a) dan Kaliber (b) pada berbagai dosis sinar gamma

Karakter tinggi hipokotil mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya dosis radiasi mengikuti persamaan regresi $Y = -0.2847x + 132.13$ pada varietas Ori 212 dan $Y = -0.1634x + 112.63$ untuk varietas Kaliber. Hasil analisis GR 50 pada karakter tinggi hipokotil yaitu sebesar 288.48 Gy untuk varietas Ori 212 dan 383.29 Gy untuk varietas Kaliber (Gambar 3). Nilai GR 50 untuk tanaman *Carthamus tinctorious* L. bervariasi antara 248.7 – 374.3 Gy (Shrivastava et al., 2021), tanaman gandum varietas DBW 187 sebesar 316.22 Gy, varietas K 1006 sebesar 246.73 Gy (Chakraborty et al., 2023), tanaman *Arachis pintoi* var. *Amarilo* sebesar 162.16 Gy (Galves Marroquin et al., 2023).

Nilai GR 50 dan LD50 merupakan dosis yang direkomendasikan untuk memperbesar terjadinya mutasi ke arah yang diinginkan pemulia (Wanga et al., 2020). GR 50 efektif digunakan untuk mendapatkan tanaman mutan yang diinginkan, karena tidak menyebabkan kematian tanaman (Layek et al., 2022). Pada keturunan M1, kemungkinan untuk mendeteksi mutasi resesif pada generasi ini lebih rendah, sehingga pemulia sebaiknya mengarah ke bagaimana mendapatkan populasi mutan segregasi yang lebih besar yang dapat digunakan untuk memperoleh mutan unik pada generasi selanjutnya. Studi GR 50 dapat digunakan sebagai alternatif pilihan karena persentase kematian minimal dibandingkan studi LD50 (Pramanik et al., 2023).



Gambar 3. Penurunan tinggi hipokotil cabai rawit varietas Ori 212 (a) dan Kaliber (b) pada berbagai dosis sinar gamma

KESIMPULAN

1. Pertumbuhan cabai rawit pada stadia awal dipengaruhi oleh hasil interaksi antara jenis varietas dan dosis iradiasi sinar gamma. Semakin tinggi dosis sinar gamma maka pertumbuhan tanaman semakin terhambat. Besar kecilnya respon pertumbuhan berbeda-beda diantara varietas tanaman yang diiradiasi sinar gamma.
2. Iradiasi sinar gamma menggunakan varietas Ori 212 dosis 100 Gy dan 200 Gy dan varietas Kaliber dosis 100 Gy memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman pada stadia awal dibandingkan kontrol. Pemberian dosis sinar gamma 400 dan 500 Gy pada varietas Ori 212 menyebabkan tanaman yang telah berkecambah tidak mampu tumbuh dan tanaman mati.

Saran

Rekomendasi dosis sinar gamma yang akan meningkatkan frekuensi terjadinya mutan yaitu 249.97 – 288.48 Gy untuk varietas Ori 212 dan dosis 383.29 – 521 Gy untuk varietas Kaliber.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta atas hibah internal penelitian dosen pemula tahun anggaran 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Afghani, F. (2022). Mutan Potensial pada Pertumbuhan Tanaman Krisan dengan Iradiasi Sinar Gamma. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 3(1), 537–545. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v3i1.337>
- Arumingtyas, E. L., & Ahyar, A. N. (2022). Genetic diversity of chili pepper mutant (*Capsicum frutescens* L.) resulted from gamma-ray radiation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1097(1). 1-11 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012059>
- Badan Pusat Statistik [BPS]. (2022). *Statistik Hortikultura 2021* (H. dan P. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Ed.). BPS-RI.
- Chakraborty, S., Mahapatra, S., Hooi, A., Ali, M. N., & Satdive, R. (2023). Determination of Median Lethal (LD50) and Growth Reduction (GR50) Dose of Gamma Irradiation for Induced Mutation in Wheat. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66. 1-10 <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220294>
- Damayanti, F. (2021). Potensi pemuliaan mutasi radiasi sebagai upaya peningkatan variasi genetik pada tanaman hias. *EduBiologia*, 1(2), 78–84. <https://doi.org/http://10.30998/edubiologia.v1i2.9300>
- Due, M. S., Yunus, A., & Susilowati, A. (2019). Keragaman pisang (*Musa* spp.) hasil iradiasi sinar gamma secara in vitro berdasarkan penanda morfologi. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 5(2), 347–352. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050236>
- Galves Marroquin, L. A., Maldonado-Mendez, J. de J., Guerra-Medina, C. E., Avendano-Arrazate, C. H., Gomez-Simuta, Y., & Monterrosa-del Toro, A. (2023). LD50 and GR50 Estimation with Gamma Rays (69 Co) in *Arachis pintoi* Var. amarillo. *Agro Productividad*, 16(3), 151–157. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i3.2503>
- Handayani, B. R., Kartikaningtyas, D., Setyaji, T., & Sunarti, S. (2018). Keragaman genetik jenis introduksi *Acacia auriculiformis* pada uji keturunan generasi kedua di Gunungkidul, Yogyakarta. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 4(1), 47–51. <https://doi.org/http://10.13057/psnmbi/m040107>
- Harsanti, L., & Yulidar, Y. (2019). Pertumbuhan varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Pada generasi M2 dengan teknik mutasi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.17146/jstni.2019.1.1.4104>

- Insani, P. P., Anwar, S., & Karno, D. (2022). Radiosensitivitas dan Pengaruh Radiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Radiosensitivity and Effect of Gamma Radiation Dose on Growth and Production of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal Agroeco Science*, 1(1), 11–19.
- International Energy Atomic Agency, [IAEA]. (2020). *Mutant Variety Database*. <https://nucleus.iaea.org/sites/mvd/SitePages/Home.aspx>
- Kurniajati, W., Sobir, & Aisyah, S. I. (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), 83–90.
- Kurniajati, W. S., Sobir, & Aisyah, S. I. (2020). Penentuan Dosis Iradiasi Sinar Gamma dalam Meningkatkan Keragaman untuk Perbaikan Karakter Kuantitatif Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) Determination of Gamma Irradiation Dose to Increase Variability for Improvement of Quantitative Traits in Shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 16(2), 83–90.
- Layek, S., Pramanik, S., Das, A., Gupta, A. K., Bhunia, A., & Pandit, M. K. (2022). Effect of gamma radiation on seed germination and seedling growth of snake gourd (*Trichosanthes anguina* L.). *South African Journal of Botany*, 145, 320–322. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.039>
- Majeed, A., Muhammad, Z., Ullah, R., & Ali, H. (2018). Gamma Irradiation I: Effect On Germination And General Growth Characteristics Of Plants-A Review. In *Pak. J. Bot* 50(6). 2449-2453.
- Makhziah, M., & Soedjarwo, D. P. (2023). Radiosensitivity of Two Local Chili Varieties to Gamma Rays. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 12(2), 423-430. <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v12i2>.
- Monikasari, I. N. S., Anwar, S., & Kristanto, B. A. (2018). KERAGAMAN MI TANAMAN HIAS BUNGA MATAHARI (*Helianthus Annuus* L.) AKIBAT IRADIASI SINAR GAMMA. *Journal of Agro Complex*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.14710/joac.2.1.1-11>
- Paul Ernest, F., Hortense Noëlle, M. A., Godswill, N. N., Thiruvengadam, M., Albert Simon, O., Hermine Bille, N., Joseph Martin, B., Rebezov, M., & Shariati, M. A. (2020). Radiosensitivity of two varieties of watermelon (*Citrullus lanatus*) to different doses of gamma irradiation. *Revista Brasileira de Botanica*, 43(4), 897–905. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00659-8>
- Pramanik, B., Debnath, S., Rahimi, M., Helal, Md. M. U., & Hasan, R. (2023). Morphometric frequency and spectrum of gamma-ray-induced chlorophyll mutants identified by phenotype and development of novel variants in

- lentil (*Lens culinaris Medik.*). *PLOS ONE*, 18(6), e0286975. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286975>
- Purba, D. P., Husni, A., Kosmiatin, M., & Purwito, A. (2022). Induksi Keragaman dengan Radiasi Sinar Gamma Pada Jeruk Siam Banyuwangi (*Citrus Nobilis (L.)*) Secara In Vitro. *Ciwal Jurnal Pertanian*, 1(1), 1–13.
- Sa'diyah, N., Handayani, M., Karyanto, A., & Rugayah. (2018). Pengaruh iradiasi sinar gamma pada benih terhadap pertumbuhan cabai merah (*Capsicum annum L.*). *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Jambi*, 119–130.
- Shrivastava, R., Mondal, S., Patel, N. B., Purkayastha, S., & Linthoingambi Devi, Y. (2021). Standardization of GR 50 dose of gamma rays for mutation breeding experiments in safflower (*Carthamus tinctorious L.*). *Indian J. Genet*, 81(3), 474–477. <https://doi.org/10.31742/IJGPB.81.3.17>
- Shu, Q. Y., Forster, B. P., & Nakagawa, H. (2012). *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. CABI and FAO.
- Suryani, R., & Owbel. (2019). Pentingnya eksplorasi dan karakterisasi tanaman pisang sehingga sumber daya genetik tetap terjaga. *Agricultural Journal*, 2(2), 64–76. <https://ejournal.unipas.ac.id/index.php/Agro/article/view/410>
- Tarigan, R., Hanafiah, D. S., & Sinurya, M. (2021). Radio-sensitivity test of gamma irradiation of local chilli pepper seeds (*Capsicum annum L.*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782(4), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/4/042034>
- Tias, A. S. N., Moeljani, I. R., & Guniarti, G. (2022). Effect of gamma ray radiation ⁶⁰Co generation M1 on growth and production of cayenne pepper (*Capsicum frutescens L*) prentul kediri variety. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 84–92. <https://doi.org/10.11594/nstp.2022.2011>
- Ulinuha, Z., Farid, N., & Imastini Dinuriah. (2022). Radiosensitivitas dan Perkecambahan Cabai (*Capsicum Chinense*) Orange Chupetinho Pada Berbagai Dosis Irradiasi Sinar Gamma. *Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XII*, 304–308.
- Utomo, S. D., Hidayat, K. F., Edy, A., Sa'diyah Nyimas, Indriyani, R., Halimatusidah, E., & Yustina, H. (2021). Hibridisasi buatan kacang tanah dan fenotipe karakter tipe pertumbuhan, ukuran polong, dan jumlah biji per polong tanaman F1 hasil hibridisasi. *Jurnal Agrotropika*, 20(1), 49–57. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JAT/article/view/4886/pdf>
- Wahyuni, S., Siregar, H.-M., Isnaini, Y., Widiarsih, S., & Dwimahyani, I. (2022). Keragaman Morfologi Hibrid *Begonia sageaensis* Wiriad. X *Begonia galeolepis* Ardi & D.C. Thomas Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Buletin Kebun Raya*, 25(1), 22–33. <https://doi.org/10.55981/bkr.2022.743>

Wanga, M. A., Shimelis, H., Horn, L. N., & Sarsu, F. (2020). The effect of single and combined use of gamma radiation and ethylmethane sulfonate on early growth parameters in sorghum. *Plants*, 9(827). 1-15. <https://doi.org/10.3390/plants9070827>