

## **Pengaruh Pemberian Sinar Gamma terhadap Cabai Lokal Karo Terinfeksi Penyakit Virus Daun Keriting Kuning (*Begomovirus*)**

### **The Effect of Gamma Rays on Local Chilli Infected to Pepper Yellow Leaf Curl Virus Infection (*Begomovirus*)**

**Rasiska Tarigan<sup>1\*</sup>, Diana Sofia Hanafia<sup>2</sup>, Mariati Sinuraya<sup>2</sup>, Susilawati Barus<sup>1</sup>,  
Agustina E Marpaung<sup>1</sup>, Rini Murtiningsih<sup>1</sup>, Amelia Sebayang<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Medan 20134

<sup>2</sup>Universitas Sumatera Utara, Medan Baru 20222

#### **ABSTRAK**

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi di Indonesia. Cabai lokal Karo berbatang ungu merupakan cabai yang memiliki keunggulan produksi dan pertumbuhan vegetatif tinggi, namun sangat rentan terhadap penyakit virus keriting kuning oleh begomovirus. Salah satu upaya pengendalian begomovirus ialah dengan perakitan genotipe baru yang tahan melalui induksi iradiasi sinar gamma. Penelitian bertujuan menentukan iradiasi sinar gamma pada benih cabai lokal Karo berbatang ungu terinfeksi begomovirus untuk mendapatkan calon genotipe mutan yang tahan. Benih dari tanaman cabai terinfeksi begomovirus diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dengan taraf dosis 150, 200, dan 250 Gy untuk mendapatkan tanaman mutan 1 (M1). Benih sehat dan benih berasal dari tanaman sakit tanpa perlakuan digunakan sebagai tanaman kontrol. Peubah yang diamati meliputi insidensi dan keparahan penyakit, AUDPC dan deteksi begomovirus pada tanaman M1 dan benih generasi kedua (M2). Perlakuan iradiasi sinar gamma taraf dosis 150 Gy pada benih cabai terinfeksi begomovirus menunjukkan rata-rata insidensi, keparahan penyakit, dan AUDPC paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada tanaman mutan M1 dan M2. Berdasarkan deteksi dengan PCR pada tanaman mutan M2, dari perlakuan dosis 150 Gy didapatkan 7 calon genotipe tahan begomovirus terbanyak di antara perlakuan lainnya.

Kata kunci: cabai lokal, mutasi, genotipe, tahan

#### **ABSTRACT**

Chili is a horticultural commodity that has a high economic value in Indonesia. The purple-stems Karo chili is one of local variety which has superiority in vegetative growth and production. However, it is susceptible against begomovirus infection. One of control attempt of *Begomovirus* is to create a new genotype resistant by using gamma ray irradiation. The research aimed to study the effect of gamma ray irradiation on begomovirus purple stems Karo local chili infecting seeds to obtain candidate of resistant genotype mutant generation 1 (M1) against begomovirus infection. The begomovirus infected seeds was irradiated by gamma rays at doses of 150, 200, 250 Gy, while untreated healthy and infected seeds were used as control. The variables observed including the disease incidence and disease severity as well as its area under disease progress curves (AUDPC) and virus detection on mutant first (M1) and mutant second generation (M2). The infected seeds irradiated by gamma ray at dose 150 Gy showed lowest disease intensity (incidence and severity) and AUDPC significantly in compare to other treatments on mutant plants first (M1) and second generation (M2). Based on the PCR detection, there are seven genotypes candidate mutants M2 which showed resistant against whitefly transmitted begomovirus.

Keywords: genotype, local chilli, mutant, pathogenicity

\*Alamat penulis korespondensi: Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Pertanian dan Pangan-Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan. Seroja Raya Gg Arkeologi Tanjung Selamat, Medan, 20134.  
Surel: [mirasiskatarigan@gmail.com](mailto:mirasiskatarigan@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi. Permintaan pasar untuk komoditas cabai terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan industri. Salah satu gangguan pada budi daya tanaman cabai yang dapat menyebabkan kehilangan hasil ialah penyakit daun keriting kuning yang disebabkan oleh begomovirus (Gaswanto *et al.* 2015). Penyakit ini dilaporkan dapat menimbulkan kerugian sampai 100% (Selangga dan Listihani 2021, Das *et al.* 2022). Gejala infeksi begomovirus berupa bintik-bintik klorotik pada daun, penebalan daun dan tulang daun, daun keriting, pertumbuhan tanaman terhambat, dan bentuk buah tidak normal (Channakeshava *et al.* 2019, Sayekti *et al.* 2021).

Umumnya petani mengandalkan pestisida untuk mengendalikan kutukebul (*Bemisia tabaci*) yang merupakan vektor begomovirus, namun upaya tersebut masih kurang efektif menekan insidensi penyakit daun keriting kuning cabai. Salah satu alternatif pengendalian penyakit ini ialah dengan penanaman varietas unggul baru tahan penyakit daun keriting kuning yang dihasilkan melalui iradiasi sinar gamma (Asadi 2013).

Teknik iradiasi sinar gamma, sinar radioaktif maupun sinar X dapat memperbaiki sifat suatu varietas tanaman tanpa mengubah sifat lainnya melalui mutasi, dan menghasilkan sifat baru yang tidak dimiliki oleh tanaman induknya (Sari *et al.* 2018). Iradiasi sinar gamma merupakan teknik mutasi tanaman untuk menghasilkan keragaman genetik sebagai bahan materi variasi unggul baru (Togatorop *et al.* 2016). Iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap gangguan penyakit maupun kekeringan (Iwo *et al.* 2013).

Cabai berbatang ungu ('cabai temper') merupakan salah satu varietas cabai lokal di Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Cabai ini berumur panjang sekitar 1.5 tahun, tinggi tanaman mencapai lebih dari 1.2 m, bobot buah per tanaman mencapai 931,04–1183 g.

Cabai ini sangat rentan terhadap penyakit daun keriting kuning (Marpaung *et al.* 2019). Oleh karena itu, dilakukan penelitian mutasi dengan teknik iradiasi sinar gamma. Tujuan penelitian ini ialah menentukan dosis iradiasi sinar gamma pada benih cabai lokal Karo berbatang ungu terinfeksi begomovirus untuk mendapatkan calon genotipe mutan yang tahan.

## BAHAN DAN METODE

### Pengambilan Sampel Benih Cabai

Benih cabai lokal Karo berbatang ungu diambil dari 3 sentra pertanaman cabai di Desa Sampun, Kecamatan Dolatrayat, Kabupaten Karo Sumatera Utara. Insidensi penyakit daun keriting kuning pada tiap lokasi pertanaman berada di atas 50%. Sebanyak 10 buah cabai yang sudah matang diambil dari 5-6 tanaman yang menunjukkan gejala daun keriting kuning pada masing-masing lokasi pertanaman. Biji cabai diekstrak dari masing-masing buah dan dikompositkan, kemudian diambil sebanyak 20 biji contoh dari tiap lokasi pertanaman. Biji contoh ditanam dalam pot plastik berdiameter 15 cm yang berisi campuran media tanam steril dengan rasio tanah dan kompos 1:1 (b/b). Setelah itu tanaman disungkup dan ditempatkan dalam rumah kaca selama 1 bulan.

### Dekteksi Benih Cabai Lokal Karo Terinfeksi Begomovirus

Ekstraksi DNA total tanaman dilakukan dengan menggunakan metode *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) (Doyle dan Doyle 1987). Isolasi DNA dilakukan pada biji dari tanaman cabai terinfeksi *Begomovirus* dan tanaman sehat. Sebelumnya biji direndam dalam larutan desinfektan selama 5 menit, kemudian dibilas 3 kali dengan air steril masing-masing 5 menit. Sebanyak 0.1 g biji dari tiap perlakuan dimasukkan dalam mortal steril, ditambahkan dengan nitrogen cair dan digerus sampai berbentuk tepung. Sebanyak 100 mg tepung biji cabai dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 2 mL yang telah disterilisasi dan ditambahi bufer ekstraksi hingga volumenya

tepat menjadi 1 mL. Selanjutnya dilakukan penambahan senyawa *polyvinylpyrrolidone* (PVP) dan  $\beta$ -*merkaptotanol*. Bahan-bahan untuk pembuatan bufer ekstraksi terdiri atas 2% (w/v) CTAB.

### Deteksi Begomovirus dengan Metode Polymerase Chain Reaction

Deteksi begomovirus dilakukan terhadap tanaman mutan generasi 1 (M1) dan 2 (M2). Ekstraksi DNA total tanaman dilakukan dengan metode CTAB sesuai protokol Doyle dan Doyle (1987). DNA total tanaman digunakan sebagai cetakan untuk mengamplifikasi DNA begomovirus, yaitu dengan primer universal *begomovirus* SPG1 (F) (5'-CCCCKGTGCGWRAATCCAT-3') dan SPG2 (R) (5'-ATCCVAAYWTYCAGGGAGCTAA (Sipriyadi *et al.* 2022). Pasangan primer ini akan mengamplifikasi fragmen DNA begomovirus target sebesar  $\pm 912$  pb. Reaksi amplifikasi DNA terdiri atas 0.5  $\mu$ L DNA, primer SPG1 dan SPG2 masing-masing 0.5  $\mu$ L (konsentrasi 10  $\mu$ M), 6  $\mu$ L campuran siap pakai (Go Taq Green master mix 100 reaction berasal dari US), dan 4.5  $\mu$ L ddH<sub>2</sub>O sehingga total volume ialah 12  $\mu$ L. Sampel dimasukkan ke dalam mesin PCR (PCT-100, MJ Research Inc. USA) dengan tahap amplifikasi sebagai berikut: pradenaturasi 94 °C selama 5 menit sebanyak 1 siklus, dilanjutkan 34 siklus untuk denaturasi pada suhu 94 °C selama 1 menit, penempelan primer pada suhu 59 °C selama 1 menit, sintesis pada suhu 72 °C selama 2 menit, kemudian ekstensi pada suhu 72 °C selama 10 menit (Li *et al.* 2004).

### Perlakuan Iradiasi Sinar Gamma

Benih cabai lokal Karo diberi perlakuan iradiasi sinar gamma untuk mendapatkan mutan generasi pertama (M1). Percobaan iradiasi sinar gamma disusun mengikuti rancangan acak lengkap dengan 4 taraf dosis iradiasi (tanpa iradiasi, 150 Gy, 200 Gy dan 250 Gy) dan dua perlakuan (biji dari tanaman sehat dan biji dari tanaman terinfeksi). Setiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali dengan jumlah sampel masing-masing perlakuan terdiri atas 50 biji.

### Penanaman dan Pengamatan Tanaman Cabai Mutan Generasi Pertama (M1) di Lapangan.

Biji cabai yang telah diberi perlakuan iradiasi sinar gamma disemai pada medium campuran (tanah:kompos 1:1 (b/b)). Bibit cabai yang berumur 4 minggu, dipindahtanam ke lapangan dan dipelihara sampai panen. Buah cabai dari tanaman M1 dipanen, masing-masing sebanyak 100 buah kemudian dikomposit, dan dipilih biji cabai yang bernas dan bentuknya normal. Sebanyak 200 biji selanjutnya ditanam sebagai tanaman mutan generasi 2 (M2).

Pengamatan yang dilakukan pada tanaman M1 meliputi insidensi dan keparahan penyakit, selanjutnya dianalisis *area under disease progress curve* (AUDPC), dan deteksi begomovirus dengan metode PCR. Insidensi penyakit (IP) diamati dengan interval 2 minggu, sejak tanaman berumur 45 hari sampai 165 hari setelah tanam (HST) dengan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

N, jumlah tanaman total dan n, jumlah tanaman yang bergejala.

Keparahan penyakit (KP) diamati setiap minggu dengan melakukan skoring sesuai kriteria Abadi (2003) (Tabel 1) dan penghitungan keparahan penyakit mengikuti rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^i (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman pada setiap kategori gejala; v, nilai skor dari setiap kategori; Z, nilai skor dari kategori tertinggi (v=5); dan N, jumlah tanaman yang diamati (Tabel 1).

Analisis AUDPC didasarkan pada insidensi dan keparahan penyakit sejak minggu ke-1 sampai dengan ke-9. Penghitungan AUPDC mengikuti rumus sebagai berikut:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{N_i} \left[ \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} \times (t_{i+1} - t_i) \right], \text{ dengan}$$

$Y_i$ , intensitas serangan penyakit (persentase) pada pengamatan ke-i;  $t_i$ , waktu (hari) pada pengamatan ke-i; dan N, jumlah total pengamatan.

Tabel 1 Skor keparahan penyakit daun keriting kuning

Skor	Tingkat gejala	Keparahan penyakit
1	Tidak ada gejala	0 %
2	Ringan	> 1- 25%
3	Sedang	> 25-50%
4	Berat	> 50- 75%
5	Sangat berat	> 75-100%

Data insidensi penyakit, keparahan penyakit, dan AUDPC dianalisis menggunakan program SPSS versi 22 tahun 2018 dan diuji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

### Evaluasi Ketahanan Tanaman Cabai Mutan Generasi Kedua Begomovirus

Kutukebul diperbanyak dari telur yang diambil dari pertanaman cabai dan diletakkan dalam toples plastik yang ditutup kain organdi. Kutukebul dipelihara selama 16–25 hari, kemudian dipindahkan ke dalam kotak plastik transparan berukuran 25 × 25 × 50 cm sampai siap jumlahnya mencukupi untuk digunakan sebagai vektor.

Sumber inokulum virus berasal dari tanaman cabai yang terinfeksi begomovirus. Kutukebul dibiarkan makan akuisisi pada tanaman sakit selama 48 jam, kemudian sebanyak 10 ekor kutukebul viruliferus per tanaman dipindahkan pada tanaman M2 untuk periode makan inokulasi. Tanaman dipelihara di rumah kaca dan diamati sampai 1 bulan setelah penularan virus.

Pengamatan yang dilakukan pada tanaman M2 sama dengan yang diuraikan sebelumnya untuk tanaman M1, kecuali insidensi penyakit pada tanaman M2 diamati sampai 4 minggu setelah penularan begomovirus.

## HASIL

### Insidensi Penyakit Daun Keriting Kuning pada Tanaman M1

Pemberian dosis iradiasi sinar gamma menyebabkan variasi insidensi penyakit pada tanaman M1 (Tabel 2). Tanaman dengan perlakuan dosis iradiasi 150 Gy menunjukkan insidensi penyakit yang paling rendah

dibandingkan dengan pada perlakuan iradiasi 200 Gy, 250 Gy, dan tanaman kontrol sejak pengamatan pada umur 45 sampai terakhir pada 90 HST. Hal ini menunjukkan tanaman mutan hasil perlakuan iradiasi sinar gamma mampu menekan insidensi penyakit daun keriting kuning di lapangan.

### Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning pada Tanaman M1

Genotipe tanaman M1 menunjukkan perbedaan gejala penyakit. Tanaman yang berasal dari perlakuan iradiasi dosis 150 Gy menunjukkan keparahan penyakit paling rendah dibandingkan dengan tanaman yang berasal dari perlakuan iradiasi 200 Gy, 250 Gy, dan tanaman kontrol sejak pengamatan pertama pada umur 45 sampai terakhir pada 165 HST (Tabel 3).

Nilai AUDPC pada tanaman M1 juga menunjukkan hasil yang sama dengan nilai insidensi dan keparahan penyakit. Tanaman yang berasal dari biji dengan perlakuan iradiasi dosis 150 Gy mempunyai nilai AUDPC paling rendah, yaitu 106.42; sedangkan tanaman yang berasal dari biji tanpa perlakuan iradiasi (kontrol) memiliki nilai AUDPC paling tinggi, yaitu mencapai 481.8 (Tabel 4).

### Respons Tanaman M2 terhadap Infeksi Virus Daun Keriting Kuning Cabai

Sebanyak 210 tanaman M2 dievaluasi responsnya terhadap begomovirus melalui penularan dengan kutukebul. Insidensi penyakit mengalami peningkatan pada semua perlakuan sejak 7 HST sampai 28 HST (Tabel 4). Rata-rata insidensi penyakit paling rendah terjadi pada tanaman dengan perlakuan iradiasi dosis 150 Gy, yaitu 9.20 diikuti dengan tanaman dengan perlakuan iradiasi 200 Gy, yaitu 13.5. Hal yang sama juga terlihat untuk keparahan penyakit dan nilai AUDPC. Keparahan penyakit paling rendah terjadi pada tanaman dengan perlakuan iradiasi dosis 150 Gy, yaitu 13.5 diikuti dengan tanaman dengan perlakuan iradiasi 200 Gy, yaitu 24.5 (Tabel 5). Nilai AUDPC paling rendah diperoleh pada perlakuan iradiasi 150 Gy, yaitu 45.94 diikuti dengan perlakuan 200 Gy,

Tabel 2 Pengaruh perlakuan iradiasi sinar gamma terhadap insidensi penyakit daun keriting kuning pada tanaman mutan M1

Dosis iradiasi (Gy)	Insidensi penyakit (%) pada ..... hari setelah tanaman								
	45	60	75	90	105	120	135	150	165
K(+)	56.7 e	63.3 e	73.3 e	73.3 e	73.3 d	73.3 e	73.3 e	73.3 e	73.33 e
K (-)	16.7 c	26.6 c	36.6 c	40.0 c	43.3 c	43.3 c	43.3 c	43.3 c	43.33 c
150	3.3 a	10.0 a	16.6 a	23.3 a	23.3 a	23.3 a	26.6 a	26.6 a	26.67 a
200	6.7 b	16.6 b	26.6 b	33.3 b	33.3 b	33.3 b	33.3 b	33.3 b	33.33 b
250	30.0 d	36.6 d	46.6 d	53.3 d	53.3 e	53.3 d	53.3 d	53.3 d	53.33 d

Keterangan: K(+), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman terinfeksi; K(-), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman sehat.

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

Tabel 3 Pengaruh perlakuan iradiasi sinar gamma terhadap keparahan dan nilai AUDPC penyakit daun keriting kuning pada tanaman mutan M1

Dosis iradiasi (Gy)	Keparahan penyakit (%) pada ..... hari setelah tanam									AUDPC
	45	60	75	90	105	120	135	150	165	
K (+)	1.1 bc	5.2 c	11.9 d	19.7 e	37.9 e	52.4 d	61.8 d	66.1 e	67.1 e	481.8
K (-)	0.1 bc	1.7 bc	4.7 bc	8.0 c	19.7 d	26.0 c	32.5 c	35.7 c	38.9 c	246.3
150	0.0 a	0.3 a	1.0 a	2.7 a	6.3 a	9.7 a	15.1 a	18.0 a	21.5 a	106.4
200	0.1 ab	0.9 b	3.0 b	4.4 b	10.2 b	14.9 b	22.2 b	27.8 b	30.5 b	164.5
250	0.3 c	2.1 bc	5.7 c	10.4 d	17.9 c	28.4cd	36.9 cd	42.6 d	47.3 d	279.6

Keterangan: K(+), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman terinfeksi; K(-), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman sehat.

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

Tabel 4 Insidensi penyakit daun keriting kuning pada tanaman M2

Dosis iradiasi (Gy)	Insidensi penyakit (%) pada ..... hari setelah tanam			
	7	14	21	28
K(+)	8.2 c	11.5 c	27.2 e	35.2 d
K (-)	6.5 bc	9.2 bc	18.5 c	26.2 cd
150	0.0 a	2.1 a	6.7 a	9.2 a
200	3.7 ab	6.5 b	10.1 b	13.5 ab
250	5.5 b	7.7 bc	13.5 d	19.2 b

Keterangan: K(+), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman terinfeksi; K(-), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman sehat.

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.

yaitu 69.83. Tanaman yang berasal dari biji tanpa perlakuan iradiasi menunjukkan nilai insidensi penyakit, keparahan penyakit dan AUDPC paling tinggi. Data ini menunjukkan bahwa sifat yang disebabkan karena mutasi yang ditimbulkan dari perlakuan iradiasi sinar gama dapat diturunkan ke generasi tanaman berikutnya

Berdasarkan metode deteksi PCR dikonfirmasi infeksi begomovirus pada 7 dan

3 genotipe tanaman berturut-turut dengan perlakuan iradiasi dosis 150 Gy dan 200Gy; sementara 4 genotipe tanaman dengan perlakuan dosis 250 Gy tidak terkonfirmasi terinfeksi begomovirus (Gambar 2).

## PEMBAHASAN

Induksi mutasi merupakan salah satu upaya untuk memperoleh tanaman yang lebih tahan

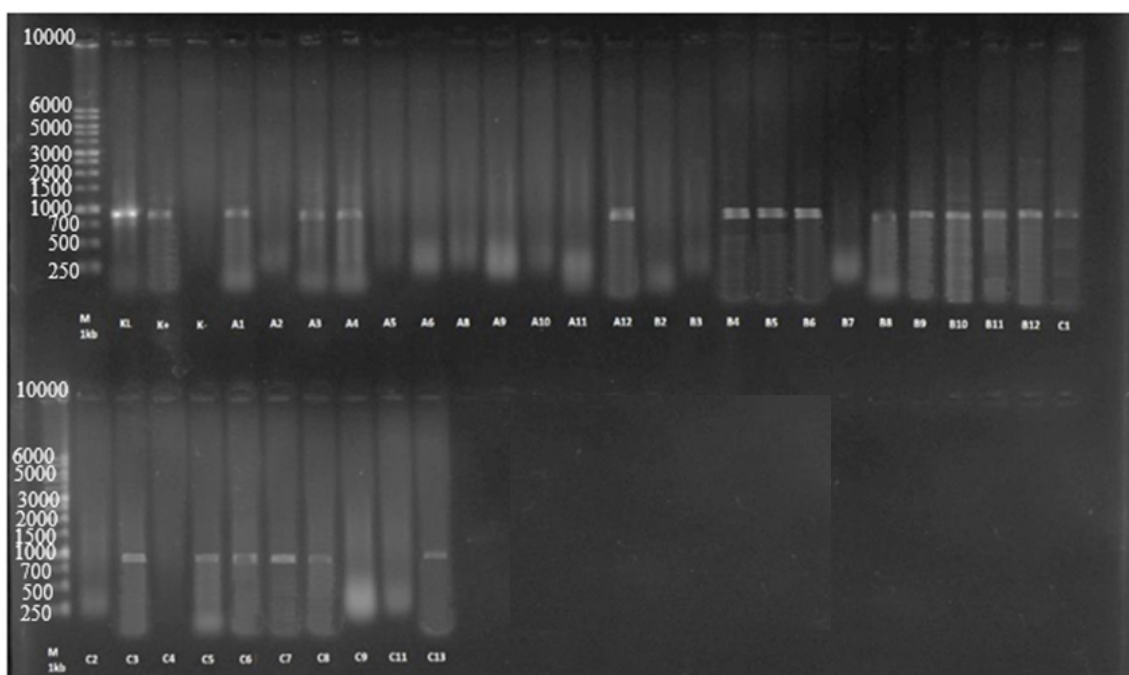


Tabel 5 Keparahan dan nilai AUDPC penyakit daun keriting kuning pada tanaman M2

Dosis iradiasi (Gy)	Keparahan penyakit (%) pada ..... hari setelah tanam				AUDPC
	7	14	21	28	
K(+)	5.2 c	12.1 d	20.5 c	29.2 c	87.15
K (-)	2.8 ab	10.5 c	17.7 bc	22.1 b	71.14
150	2.3 a	7.1 a	11.1 a	13.8 a	45.94
200	4.1 bc	9.0 b	16.6 b	24.5 bc	69.83
250	3.1 b	9.2 bc	22.6 cd	35.4 d	89.34

Keterangan: K(+), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman terinfeksi; K(-), Tanaman kontrol yang berasal dari biji tanaman sehat.

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf  $\alpha$  5%.



Gambar 2 Amplifikasi DNA *Begomovirus* dari sampel tanaman cabai yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma; M, Penanda DNA 1 kb; KL, kontrol + GMV Lab; K+, kontrol sakit; K-, kontrol sehat; A1-A12, Dosis radiasi 150 Gy; B2-B12, Dosis radiasi 200 Gy; dan C1-C13, Dosis radiasi 250 Gy.

terhadap suatu penyakit. Pemberian iradiasi sinar gamma pada benih cabai lokal yang diambil dari tanaman terinfeksi begomovirus menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap insiden penyakit keriting kuning. Hal ini diduga kuat karena iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan terjadinya mutasi (delesi, insersi) yang berakibat pada perubahan genetik tanaman induk. Namun, mutasi yang terjadi pada level nukleotida tidak diketahui karena tidak dilakukan peruntan DNA. Ionisasi dari sinar gamma bereaksi secara langsung dengan komponen sel atau bereaksi secara tidak langsung dengan molekul air

sehingga menciptakan radikal bebas. Radikal tersebut menyebabkan kerusakan genetik atau dapat memunculkan sifat baru pada tanaman (Gaswanto *et al.* 2016). Iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan keragaman genetik tanaman serta golongan senyawa metabolit sekunder (Indah dan Suputa 2018). Senyawa metabolit sekunder pada tanaman dapat berfungsi sebagai atraktan (menarik serangga penyerbuk), melindungi dari stres lingkungan, pelindung dari serangan hama/penyakit, serta meningkatkan ketahanan terhadap predator dan patogen (Leiss *et al.* 2011, Setyorini dan Yusnawan 2016).

Berdasarkan hasil penelitian, tanaman mutan generasi ke-1 ( $M_1$ ) pada perlakuan 150 Gy memiliki rata-rata keparahan penyakit lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tertua, yaitu tanaman cabai lokal terinfeksi *Begomovirus* dan tanaman cabai lokal sehat. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan radiasi sinar gamma memberikan pengaruh positif terhadap penurunan keparahan penyakit dibandingkan dengan tetuanya (tanpa radiasi). Induksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma berpotensi menghasilkan tanaman tahan terhadap hama dan penyakit, tahan kekeringan, lahan masam, suhu tinggi, serta dapat meningkatkan kualitas termasuk umur panen, tinggi tanaman dan karakteristik bunga (Damayanti 2021). Kelebihan teknik mutasi antara lain ialah salah satu sifat dari suatu varietas dapat diperbaiki tanpa mengubah sifat yang lain dan menimbulkan sifat baru yang tidak dimiliki oleh tetuanya (Harsanti dan Yulidar (2015). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Kumar *et al.* (2012) yang menghasilkan tanaman krisan yang tahan *Septoria obesa* setelah iradiasi gamma.

Respons tanaman mutan cabai lokal Karo batang ungu generasi kedua menunjukkan terjadi penurunan patogenesis *Begomovirus* dilihat dari rendahnya rata-rata persentase insidensi serta keparahan penyakit  $M_2$ . Penurunan patogenesis ini mungkin terjadi karena ada mutasi gen serta meningkatnya aktivitas metabolisme sekunder pada generasi kedua. Hal ini selaras dengan AUDPC. Tanaman cabai terinfeksi *Begomovirus* yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dengan dosis 150 Gy sampai 200 Gy menghasilkan keragaman tanaman yang sangat tahan hingga tahan terhadap *Begomovirus* dibandingkan dengan kontrol. Terjadinya mutasi perlu dikonfirmasi melalui peruntukan DNA untuk memastikan terjadi mutasi titik, delesi atau insersi. Sinar gamma termasuk ke dalam pengion dan berinteraksi pada atom-atom atau molekul-molekul untuk memproduksi radikal bebas dalam sel. Radikal dapat menyebabkan perubahan sebagian dari morfologi, anatomi, biokimia, dan fisiologi tanaman bergantung pada dosis iradiasinya. Benih cabai yang

telah diberi perlakuan iradiasi sinar gamma mengalami perubahan DNA dan merangsang terjadinya mekanisme biosintetik membentuk radikal bebas (ROS) (Siddique *et al.* 2022).

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan dosis iradiasi rendah (150 Gy) pada tanaman menunjukkan keparahan penyakit nyata lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Jeong *et al.* (2017) menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma dengan dosis  $\leq 200$  Gy meningkatkan aktivitas gen ketahanan tanaman terhadap serangan cendawan, bakteri, dan virus. Sama halnya dengan hasil penelitian Fitri (2010) yang menyatakan bahwa uji ketahanan cabai keriting pada generasi kedua hasil induksi mutasi terhadap penyakit antraknosa ialah rentan sampai dengan sangat rentan. Oleh karena itu, untuk memperoleh mutan yang seragam secara genetik perlu dilakukan seleksi sifat-sifat yang diinginkan di antara individu-individu pada generasi kedua.

Radikal bebas yang dihasilkan oleh iradiasi sinar gamma pada tanaman bertindak sebagai sinyal stres sehingga merangsang peningkatan enzim ketahanan, yaitu fenilalanin amonia liase, peroksidase, dan polifenol oksidase dan gen terkait patogen (PR-1, PR-3, dan PR-4) (Lari *et al.* 2020).

Berdasarkan hasil PCR-SSR, amplifikasi DNA beberapa genotipe tanaman mutan  $M_2$  memiliki kesamaan dengan pita DNA tanaman cabai lokal Karo berbatang ungu yang sehat namun berbedaan dengan pita DNA tanaman cabai lokal Karo berbatang ungu dari biji terinfeksi *Begomovirus*. Perlakuan iradiasi sinar gamma 150 Gy merupakan perlakuan terbaik untuk mendapatkan mutan tanaman cabai lokal Karo berbatang ungu yang tahan terhadap infeksi *Begomovirus*. Perlu diteliti lebih lanjut pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perubahan genetik tanaman dan *Begomovirus*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abadi AL. 2003. Ilmu Penyakit Tumbuhan 3. Malang (ID): Bayu Media.
- Asadi. 2013. Pemuliaan mutasi untuk perbaikan

- terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. *Jurnal AgroBiogen*. 9(3):135–142. DOI: <https://doi.org/10.21082/jbio.v9n3.2013.p135-142>.
- Channakeshava C, Patil MS, Moger NB, Mantur SM, Prashanthi SK, Biradar MS, Balol G. 2019. Incidence of viral diseases on capsicum (sweet pepper) under protected conditions in Karnataka. *International Journal of Chemical Studies*. 7(6):1548–1551. DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi>.
- Damayanti F. 2021. Potensi pemuliaan mutasi radiasi sebagai upaya peningkatan variasi genetik pada tanaman hias. *Journal Biological Science and Education Journal* 1(2):78–89. DOI: <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v1i2.9300>.
- Das S, Rahman M, Dash PK, Mitra A, Kamal MM. 2022. Transmission attributes of Asian I Silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*) modulating the spread of *Chili leaf curl virus* disease in Chili (*Capsicum* spp.). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 55(6):699–719. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2040698>.
- Doyle JJ, Doyle JL. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*. 12(1):13–15. DOI: <https://doi.org/10.2307/2419362>.
- Fitri DRK. 2010. Uji ketahanan cabai keriting (*Capsicum annum* L) hasil induksi mutasi dengan ethylmethane sulphonate (EMS) pada generasi kedua terhadap penyakit antraknosa. *Sainstek*. 1:16–22.
- Gaswanto R, Syukur M, Purwoko BS, Hidayat SH. 2015. Metode penularan massal untuk uji penapisan ketahanan cabai mutan terhadap *Begomovirus*. *Jurnal Hortikultura*. 25(3):246–256. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v25n3.2015.p246-256>.
- Gaswanto R, Syukur M, Purwoko BS, Hidayat SH. 2016. Induced mutation by gamma rays irradiation to increase chilli resistance to *Begomovirus*. *Agrivita*. 38(1):24–32. DOI: <https://doi.org/10.17503/agrivita.v38i1.581>.
- Harsanti L, Yudidar. 2019. Pertumbuhan varietas kedelai (*Glycine max* (L) Merrill pada generasi M2 dengan teknik mutasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia* 20(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.17146/jstni.2019.1.1.4104>.
- Indahsari D, Saputro TB. 2018. Analisis morfologi dan profil protein kedelai varietas grobagan hasil iradiasi pada kondisi cekaman genangan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2):2337–3520. DOI: <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.37346>.
- Iwo GA, Amadi CO, Eleazu JU, Ukpabi. 2013. Induced mutagenesis on ginger for improved yield components and oleoresin content. *Canadian Journal of Plant Breeding*. 1(3):90–96.
- Jeong DR, Jeong AM, Park RM. 2017. Gamma irradiation-induced disease resistance of pear (*Pyrus pyrifolia* “Niitaka”) against *Penicillium expansum*. *Journal of Phytopathology*. 165(9):626–633. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12601>.
- Kumar B, Kumar S, Thakur M. 2012. In vitro mutation induction and selection of *Chrysanthemum* (*Dendranthem a granaflorea tzelev*) lines with improved resistance to *Septoria obesa syd*. *International Journal of Plant Research*. 2(4):103–107. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.plant.20120204.01>.
- Lari MS, Ahmad M, Kashi A, Mousavi A, Mostofi Y. 2020. Physiological responses of gamma irradiated onion bulbs during storage. *Journal of Agricultural Sciences* 26(1):442–451. DOI: <https://doi.org/10.15832/ankutbd.559604>.
- Leiss KA, Choi YH, Verpoorte R, Peter GLK. 2011. An overview of NMR-based metabolomics to identify secondary plant compounds involved in host plant resistance. *Phytochemistry Reviews*. 10:205–216. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9175-z>.
- Li R, Salih S, Hurtt S. 2004. Detection of geminiviruses in sweetpotato by polymerase chain reaction. *Plant Disease*. 88:1347–1351. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1347>.
- Marpaung AE, Barus S, Musaddad D. 2019. Karakterisasi dan keragaman pertumbuhan



- tiga klon cabai merah (*Capsicum annum* L) lokal. Jurnal Hortikultura. 29(1):34–44. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v29n1.2019.p33-44>.
- Sari TGP, Suliansyah I, Akhir N. 2018. Seleksi galur M2 hasil mutasi bagi resistensinya terhadap serangan penyakit blas. Jurnal Agroteknologi. 2(1):10–16. DOI: <https://doi.org/10.25077/jagur.2.1.10-16.2018>.
- Sayekti TWDA, Syukur M, Hidayat SH, Maharijaya A. 2021. Morphological response and genetic variability of four species of chili pepper (*Capsicum* spp.) under infection of *Pepper yellow leaf curl virus*. Biodiversitas. 22(11):4758–4765. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221107>.
- Selangga DGW, Listihani. 2021. Molecular identification of *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* on chili pepper in Nusa Penida Island. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 21(2):97–102. DOI: <https://doi.org/10.23960/jhptt.22197-102>.
- Setyorini SD, Yusnawan E. 2016. Peningkatan kandungan metabolit sekunder tanaman aneka kacang sebagai respon cekaman biotik. Iptek Tanaman Pangan. 11(2):167–174.
- Siddique MI, Lee JH, Ahn JH, Kusumawardhani MK, Safitri R, Harpenas A, Kwon JK, Kang BC. 2022. Genotyping-by-sequencing-based QTL mapping reveals novel loci for *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) resistance in *Capsicum annuum*. Plos One. 17(2):e0264026. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264026>.
- Sipriyadi, Rahman ANA, Darwis W, Wibowo RH, Sutrawati M, Hutasoit CM, Kristiani Y, Setiawan R. Pencirian genetik *pepper yellow leaf curl virus* pada tanaman cabai merah (*capsicum annum*) di Bengkulu. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 27 (4) 574–581. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.574>.
- Togatorop ER, Aisyah SI, Damanik MRM. 2016. Pengaruh mutasi fisik iradiasi sinar gamma terhadap keragaman genetik dan penampilan *Coleus blumei*. Jurnal Hortikultura Indonesia. 7(3):187–194. DOI: <https://doi.org/10.29244/jhi.7.3.187-194>.