

PARAMETER KUALITATIF MUTAN TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L.) SETELAH IRADIASI SINAR GAMMA

Siti Nurhasanah^{1*}, Agung Prasetyo Fitrianto¹, Slamet Rohadi Suparto¹, Purwanto Purwanto¹, Eka Oktaviani¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto,
Jawa Tengah, Indonesia

*E-Mail: sansan.unsoed@gmail.com

Diterima : 14 Juni 2022

Disetujui : 15 Agustus 2022

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum* L.), from the Solanoceae family, is a type of horticultural commodity that produces tubers. The need for potatoes increases every year in line with the increasing population and the development of industries that require raw materials for potatoes. Potatoes are widely cultivated in the highlands above 800 m above sea level, such as Dieng, Kerinci, Pengalengan, and Curup, which have a temperature of 17°C to 20°C, so that can produce maximum. However, in the highlands, environmental threats such as drought and landslides began to emerge, prompting researchers to develop potato plants in the medium plains. The development of potato varieties for medium plains continues to be carried out, one of which is by mutation induction. Mutation induction can be done by treating certain mutagens to plant parts such as reproductive organs. Gamma ray irradiation is a mutation that is often used to induce genetic changes in inherited somatic cells, resulting in increased viability and the production of new mutants. This study aims to determine the effect of gamma ray radiation on various qualitative variables of 3 (three) varieties of potato plants. Gamma ray radiation treatment gave different effects to control plants on leaf shape, frequency of deviated leaves, growth habits, tuber shape, and disease resistance. Mutants that gave superiority in terms of disease resistance were the D1-A11, D2-A11, D2-A4, D1-G1, D1-G2, D3-G11, D3-G12, and D3-G12 mutants. D2-M11.

Key words: qualitative, potato, gamma irradiation, medium land

ABSTRAK

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan jenis komoditi hortikultura yang menghasilkan umbi dari keluarga *Solanaceae*. Kebutuhan kentang terus meningkat setiap tahun sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri yang membutuhkan bahan baku kentang. Kentang banyak dibudidayakan di dataran tinggi di atas 800 m dpl, seperti Dieng, Kerinci, Pengalengan, dan Curup yang memiliki suhu 17°C sampai dengan 20°C sehingga tanaman kentang dapat berproduksi maksimal. Namun, di dataran tinggi mulai muncul ancaman lingkungan seperti kekeringan dan tanah longsor, sehingga mendorong para peneliti untuk mengembangkan tanaman kentang di dataran medium. Pengembangan varietas tanaman kentang untuk dataran medium terus dilakukan, salah satunya dengan induksi mutasi. Induksi mutasi dapat dilakukan dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap bagian tanaman seperti organ reproduksi. Iradiasi sinar gamma merupakan mutasi yang sering digunakan untuk menginduksi perubahan genetik di dalam sel somatik yang diturunkan, sehingga terjadi peningkatan viabilitas dan menghasilkan mutan baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi sinar gamma terhadap berbagai variabel kualitatif 3 (tiga) varietas tanaman kentang. Perlakuan radiasi sinar gamma memberikan pengaruh yang berbeda dengan tanaman kontrol pada variabel bentuk daun, frekuensi daun menyimpang, kebiasaan tumbuh, bentuk umbi, dan sifat ketahanan terhadap penyakit. Mutan yang memberikan keunggulan dalam segi ketahanan terhadap penyakit adalah mutan D1-A11, D2-A11, D2-A4, D1-G1, D1-G2, D3-G11, D3-G12, dan D2-M11.

Kata kunci : kualitatif, kentang, iradiasi gamma, dataran medium

PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan jenis komoditi hortikultura yang menghasilkan umbi dari keluarga *Solanaceae*. Kebutuhan kentang terus meningkat setiap tahun sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri yang membutuhkan bahan baku kentang. Kentang merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai kontribusi besar terhadap produksi hortikultura secara keseluruhan dan tingkat inflasi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2021, nilai impor kentang bahkan mencapai US\$ 137,49 juta, naik sebesar 19.98% atau sebesar US\$ 22,89 juta. Sedangkan untuk nilai ekspor, bahkan mengalami penurunan dari tahun 2020 sebesar 26,53% menjadi US\$ 8,11 juta (BPS, 2021).

Umbi kentang termasuk jenis bahan pangan yang mengandung banyak karbohidrat sehingga menempatkannya sebagai sumber karbohidrat alternatif selain beras, jagung dan gandum. Menurut CIP (2011), tanaman kentang termasuk kedalam kelompok pangan terpenting ketiga di dunia setelah beras dan gandum. Kentang banyak dibudidayakan di dataran tinggi di atas 800 m dpl, seperti Dieng, Kerinci, Pengalengan, dan Curup yang memiliki suhu 17 °C sampai dengan 20 °C sehingga tanaman kentang dapat berproduksi maksimal (Stark dan Love, 2003). Namun, di dataran tinggi mulai muncul ancaman lingkungan seperti kekeringan dan tanah longsor, sehingga mendorong para peneliti untuk mengembangkan tanaman kentang di dataran medium (Ezetta, 2008).

Pengembangan varietas tanaman kentang untuk dataran medium terus dilakukan, salah satunya dengan mutasi. Mutasi adalah perubahan genetik, baik perubahan pada gen tunggal, sejumlah gen maupun susunan kromosom. Mutasi dapat terjadi pada setiap bagian tanaman terutama yang selnya masih aktif membelah (Micke dan Donini, 1993). Mutasi dapat terjadi secara spontan di alam atau melalui induksi dan bersifat terwariskan sebagai sumber keragaman tanaman (Koorneef, 1991). Alternatif pemuliaan tanaman kentang dapat dilakukan dengan induksi mutasi. Induksi mutasi dapat dilakukan dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap bagian tanaman seperti organ reproduksi (Soeranto, 2003).

Mutagen yang sering digunakan dalam pemuliaan tanaman yaitu mutagen kimia dan mutagen fisik (Koorneef, 1991). Penggunaan mutagen fisik pada tanaman sangat dianjurkan dibandingkan dengan mutagen kimia karena frekuensi mutasinya tinggi (van Harten, 1998). Mutagen fisik yang telah banyak digunakan secara

luas adalah sinar-X dan sinar gamma (Micke dan Donini, 1993). Menurut Ahloowalia *et al.* (2004), 89% dari 1.585 varietas yang dilepas sejak tahun 1985 adalah dikembangkan dengan induksi mutasi secara langsung, 64% di antaranya adalah dikembangkan dengan menggunakan sinar gamma sedangkan penggunaan sinar-X hanya 22%.

Iradiasi sinar gamma merupakan mutasi yang sering digunakan untuk menginduksi perubahan genetik di dalam sel somatik yang diturunkan (Ismachin, 1988), sehingga terjadi peningkatan viabilitas dan menghasilkan mutan baru (Wattimena, 1992). Iradiasi dapat menginduksi perubahan struktur kromosom yaitu terjadi pematihan kromosom, yang pada dosis rendah dapat menyebabkan terjadinya delesi, dan pada dosis tinggi dapat menimbulkan duplikasi, inversi dan translokasi (Ismachin, 1988; Wattimena, 1992). Penelitian pendahulu telah dilakukan oleh Suharjo, *et al* pada tahun 2010 di daerah Bengkulu terhadap tanaman kentang varietas Granola dan Atlantik dengan dosis iradiasi 0, 30, 60 gray (Gy) pada ketinggian medium yaitu 600 m dpl. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada dosis tinggi (60 Gy) terjadi penundaan munculnya tanaman, penurunan persen tanaman hidup, dan penurunan tinggi tanaman. Namun, pada penelitian tersebut menghasilkan kombinasi perlakuan mutasi sinar gamma pada dosis penyinaran (30 Gy) memberikan hasil terbaik dibandingkan dengan dosis perlakuan lainnya seperti dosis (0 Gy) dan dosis pembanding (60 Gy).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka perlu dikaji keragaan tanaman kentang varietas lain dengan dosis iradiasi yang berbeda. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang keragaman tanaman kentang setelah ditanam di dataran medium dengan ketinggian kurang dari 600 m dpl. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi sinar gamma terhadap berbagai variabel kualitatif tanaman kentang.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan sejak bulan November 2014 sampai dengan bulan Maret 2015. Persiapan dan pengukuran materi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agronomi dan Hortikultura dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Sedangkan pemberian radiasi sinar gamma dilaksanakan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (Patir) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Penanaman

kentang dilaksanakan di Lahan Percobaan Desa Karang Tengah Kecamatan Baturraden Kabupaten Banyumas dengan ketinggian tempat 388 m dpl (meter di atas permukaan laut).

Alat dan Bahan

Bahan-bahan penelitian berupa umbi kentang keturunan G2 (diperoleh dari penangkar benih kentang di Pangalengan, Bandung, dan Banjarnegara) meliputi varietas Granola, Atlantik, MZ yang telah diradiasi dengan sinar gamma dosis 15, 25 dan 35 Gy, pupuk organik (kotoran kambing), dolomit (kapur), pupuk kimia (NPK mutiara, ZA, SP-36, KCl, KN0 3 Merah), pupuk daun (Gandasil D), bakterisida (Agrept dan Daconil), fungisida (Klorotalonil, Dithane M-45, dan Furadan), serta insektisida (Curacron dan Rampage). Alat-alat yang digunakan meliputi Iradiator Panorama Serbaguna (IRPASENA) dengan sumber radiasi Co60 yang ada di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Alat-alat lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: cangkul, sabit, polibag, hygrometer, termometer, GPS, Buku *Munsell Plant Tissue Chart*, label, penggaris, alat tulis, kamera digital, timbangan analitik, timbangan *electronic kitchen scale*, *sprayer* tipe gendong, ajir, tali rafia, kardus, kain berwarna merah, kardus, dan oven.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan penelitian lapang yang disusun menggunakan rancangan *Augmented* dengan rancangan dasar RAK (Rancangan Acak Kelompok) dan terdiri dari 6 blok. Benih berasal dari 3 varietas yaitu Granola, Atlantik, dan MZ dan digunakan sebagai varietas pembanding yang ditanam secara acak dalam satu baris tunggal sepanjang 6 m yang terdiri dari 24 individu. Faktor yang dicoba adalah non faktorial dengan dosis radiasi (D): tanpa radiasi (D0), dosis 15 Gy (D1), dosis 25 Gy (D2), dan dosis 35 Gy (D3). Masing-masing dosis perlakuan dalam satu varietas terdiri dari 12 individu sedangkan dosis kontrol terdiri dari 12 individu yang diulang sebanyak 6 kali.

Persiapan Tanam

Tanah yang telah dicangkul dan digemburkan dimasukkan ke dalam polibag bersamaan dengan pupuk kotoran kambing dan pupuk tambahan lain seperti dolomit, KCL, SP-36, dan ZA dengan takaran masing-masing per polibag yang tertera pada “lampiran kebutuhan pupuk”. Jarak tanam yang digunakan dalam penanaman kentang pada penelitian ini adalah 80 cm x 30 cm antar polibag dan disusun memanjang dalam blok. Setiap blok terdiri dari 24 individu tanaman yang terdiri dari dosis kontrol, dosis 15

Gy, dosis 25 Gy, dan dosis 35 Gy dari ketiga varietas yang digunakan.

Penanaman dan Pemeliharaan

Penanaman dilakukan pada lubang tanam yang sudah dilubangi dengan kedalaman kurang lebih 10 cm. Bibit kentang ditanam di dalam lubang tanam dengan mata tunas menghadap ke atas, kemudian ditutup kembali dengan tanah setebal 5 cm. Bibit kentang ditanam secara tunggal (satu polibag satu benih kentang), dan penanaman dilakukan sesuai denah rancangan yang telah dibuat sebelumnya.

Pemeliharaan dilakukan dengan pengairan, penyiangan, pemberian ajir, pemberian pestisida, dan pembumbunan. Pengairan dilakukan secara rutin tergantung kebutuhan tanaman dan kondisi tanah. Penyiangan dilakukan satu minggu sekali atau tergantung pertumbuhan gulma. Pemberian ajir dilakukan setelah tanaman mencapai tinggi lebih kurang 15 cm, bertujuan untuk menjaga tanaman kentang agar tidak roboh. Pemberian pestisida dilakukan seminggu sekali atau seminggu dua kali, tergantung kondisi hujan. Jika hujan sering terjadi maka penyemprotan dapat mencapai tiga atau empat kali dalam seminggu. Pembumbunan dilakukan setelah tanaman berumur 30 hari, bertujuan untuk memperbaiki perakaran tanaman sehingga dapat merangsang pembentukan akar baru dan melindungi serta membantu pembesaran umbi.

Variabel Pengamatan

Pengamatan variabel kualitatif meliputi warna daun, susunan daun, frekuensi daun menyimpang, bentuk umbi, warna kulit umbi, warna daging umbi, berbunga atau tidak, warna mahkota bunga, kebiasaan tumbuh, dan tingkat ketahanan.

a. Warna daun

Warna daun diamati pada umur (60 hst) dengan menggunakan *Munsell Plant Tissue Chart*.

b. Susunan daun

Susunan daun dihitung pada saat tanaman umur 60 hari dengan parameter pengukuran susunan daun dari yang memiliki susunan daun tipe tertutup, sedang, atau terbuka berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.

c. Frekuensi daun menyimpang

Frekuensi daun menyimpang dihitung pada saat tanaman kentang telah berumur 60 hari pada saat pertumbuhan sempurna dengan tipe frekuensi daun menyimpang tipe jarang, sedang, dan tinggi berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.

d. Bentuk umbi

Bentuk umbi diamati setelah panen dengan bantuan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.

- e. Warna kulit umbi
Warna kulit umbi diamati setelah panen dengan bantuan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.
- f. Warna daging umbi
Warna daging umbi diamati setelah panen dengan bantuan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.
- g. Berbunga atau tidak
Pengukuran variabel berbunga atau tidak dilakukan pada saat tanaman berumur 50 - 60 hst.
- h. Warna mahkota bunga
Warna mahkota bunga diamati saat tanaman berumur 50 - 60 hst, dengan bantuan dari buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.
- i. Kebiasaan tumbuh
Kebiasaan tumbuh diukur pada saat tanaman telah mencapai pertumbuhan sempurna yaitu 60 hst dengan parameter kebiasaan tumbuh tanaman kentang tipe tegak, agak tegak, dan menyebar berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang.
- j. Tingkat Ketahanan
Pengamatan tingkat ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* dilakukan mulai awal muncul tunas hingga tanaman panen. Pengamatan dilakukan per tanaman, apabila pada masa hidup tanaman kentang tidak terlihat gejala terserang patogen penyebab penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* tanaman tersebut disebut tahan, namun apabila pada masa hidup tanaman kentang tersebut terlihat gejala serangan patogen penyebab penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* maka tanaman itu disebut rentan. Pengamatan ketahanan tanaman terhadap patogen dilakukan berdasarkan kondisi empiris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah mutan yang berhasil tumbuh dari varietas Atlantik, varietas Granola, varietas Tedjo MZ pada dosis 15Gy secara berurutan adalah 11, 11, dan 6. Jumlah mutan yang berhasil tumbuh dari varietas Atlantik, varietas Granola, varietas Tedjo MZ pada dosis 25 Gy secara berurutan adalah 10, 9, dan 6. Kemudian, jumlah mutan yang berhasil

tumbuh dari varietas Atlantik, varietas Granola, varietas Tedjo MZ pada dosis 35Gy secara berurutan adalah 1, 8, dan 4.

Pengamatan variabel kualitatif dilakukan berdasarkan pedoman dari buku panduan pengujian individual kentang berdasarkan kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan (PVT, 2006). Pengamatan warna daun dilakukan dengan menggunakan Buku *Munsell Color Charts for Plant Tissues*.

Tabel 1. Penampilan variabel bentuk umbi (BU), warna kulit umbi (WKU), warna daging umbi (WDU), berbunga atau tidak (BT), dan warna mahkota bunga (WMB) pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 15 Gy

Var. Cek	Variabel				
	BU	WKU	WDU	BT	WMB
Atlantik	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Tdk ada
Granola	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Putih
Tedjo MZ	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Varietas Atlantik					
D1-A1	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A2	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A3	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A4	Oval	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A5	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A7	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A8	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A9	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A10	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D1-A11	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D1-A12	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
Varietas Granola					
D1-G1	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G2	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G3	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G4	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G5	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G6	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G8	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G9	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G10	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G11	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-G12	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Varietas Tedjo MZ					
D1-M1	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-M2	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-M3	-	-	-	Tdk	Tdk ada
D1-M4	Oval panjang	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-M5	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D1-M6	Oval panjang	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada

Tabel 2. Penampilan variabel warna daun (WD), susunan daun (SD), frekuensi daun menyimpang(FDM), kebiasaan tumbuh (KT), dan tingkat ketahanan pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 15 Gy

Var. Cek	Variabel				Tingkat Ketahanan
	WD	SD	FDM	KT	
Atlantik	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebarkan	Rentan layu bakteri
Granola	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
Tedjo MZ	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Rentan layu bakteri
Varietas Atlantik					
D1-A1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Menyebarkan	Tahan
D1-A2	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Agak tegak	Terserang layu bakteri
D1-A3	3/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebarkan	Terserang layu bakteri
D1-A4	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A5	4/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebarkan	Tahan
D1-A7	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebarkan	Tahan
D1-A8	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebarkan	Tahan

D1-A9	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Menyebar	Terserang layu bakteri	D1-G8	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	layu bakteri
D1-A10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Terserang layu bakteri	D1-G9	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A11	3/4 GY	Sedang	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A12	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri	D1-G11	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
Varietas Granola						D1-G12	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
D1-G1	4/4 GY	Sedang	Tinggi	Tegak	Tahan	Varietas Tedjo MZ					
D1-G2	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-M1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-G3	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-M2	4/6 GY	Terbuka	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M3	-	-	-	-	Terserang layu bakteri
D1-G5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G6	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-G7	-	-	-	-	Terserang layu bakteri	D1-M6	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G8	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	Variabel					
D1-G9	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	Var. Cek	WD	SD	FDM	KT	Tingkat Ketahanan
D1-G10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	Atlantik	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Rentan layu bakteri
D1-G11	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	Granola	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G12	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri	Tedjo MZ	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Rentan layu bakteri
Varietas Tedjo MZ						Varietas Atlantik					
D1-M1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-A1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Menyebar	Tahan
D1-M2	4/6 GY	Terbuka	Jarang	Tegak	Tahan	D1-A2	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Agak tegak	Terserang layu bakteri
D1-M3	-	-	-	-	Terserang layu bakteri	D1-A3	3/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri
D1-M4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-A4	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-M5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-A5	4/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan
D1-M6	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-A7	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan
Variabel						D1-A8	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan
Var. Cek	WD	SD	FDM	KT	Tingkat Ketahanan	D1-A9	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Menyebar	Terserang layu bakteri
Atlantik	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Rentan layu bakteri	D1-A10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Terserang layu bakteri
Granola	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Rentan layu bakteri	D1-A11	3/4 GY	Sedang	Jarang	Menyebar	Tahan
Tedjo MZ	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan layu bakteri	D1-A12	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri
Varietas Atlantik						Varietas Granola					
D1-A1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G1	4/4 GY	Sedang	Tinggi	Tegak	Tahan
D1-A2	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Agak tegak	Terserang layu bakteri	D1-G2	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-A3	3/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri	D1-G3	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-A4	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-G4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A5	4/4 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A7	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G6	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A8	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G7	-	-	-	-	Terserang layu bakteri
D1-A9	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Menyebar	Terserang layu bakteri	D1-G8	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-A10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Terserang layu bakteri	D1-G9	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A11	3/4 GY	Sedang	Jarang	Menyebar	Tahan	D1-G10	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-A12	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri	D1-G11	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
Varietas Granola						D1-G12	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
D1-G1	4/4 GY	Sedang	Tinggi	Tegak	Tahan	Varietas Tedjo MZ					
D1-G2	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-M1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-G3	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan	D1-M2	4/6 GY	Terbuka	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M3	-	-	-	-	Terserang layu bakteri
D1-G5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D1-G6	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan	D1-M5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D1-G7	-	-	-	-	Terserang						

D1-M6 4/6 GY Sedang Jarang Tegak Tahan
 Keterangan: GY=Green Yellow.

Tabel 3. Penampilan variabel bentuk umbi (BU), warna kulit umbi (WKU), warna daging umbi (WDU), berbunga atau tidak (BT), dan warna mahkota bunga (WMB) pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 25 Gy

Var. Cek	Variabel				
	BU	WKU	WDU	BT	WMB
Atlantik	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
Granola	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Tedjo MZ	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Varietas Atlantik					
D2-A1	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D2-A3	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D2-A4	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D2-A5	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D2-A6	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D2-A8	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D2-A9	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D2-A10	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
D2-A11	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
D2-A12	Bundar	Kuning (1)	Putih (1)	Bunga	Putih
Varietas Granola					
D2-G1	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G2	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G3	Oval panjang	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G4	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G5	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G6	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G7	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G8	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-G10	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Varietas Tedjo MZ					
D2-M1	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-M3	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-M4	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-M5	Oval	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-M11	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D2-M12	Bundar	Kuning (1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada

Tabel 4. Penampilan variabel warna daun (WD), susunan daun (SD), frekuensi daun menyimpang(FDM), kebiasaan tumbuh (KT), dan tingkat ketahanan pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 25 Gy

Var. Cek	Variabel				
	WD	SD	FDM	KT	Tingkat Ketahanan
Atlantik	4/6 GY	Tertutu p	Jarang	Menyebar	Rentan layu bakteri
Granola	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan

Tedjo MZ	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Rentan layu bakteri
Varietas Atlantik					
D2-A1	4/6 GY	p	Jarang	Agak tegak	Tahan
D2-A3	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-A4	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D2-A5	4/6 GY	p	Jarang	Agak tegak	Terserang layu bakteri
D2-A6	4/6 GY	p	Jarang	Menyebar	Tahan
D2-A8	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-A9	4/6 GY	p	Jarang	Menyebar	Terserang layu bakteri
D2-A10	4/6 GY	p	Jarang	Tegak	Tahan
D2-A11	4/6 GY	p	Jarang	Menyebar	Tahan
D2-A12	4/6 GY	p	Jarang	Menyebar	Tahan
Varietas Granola					
D2-G1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G2	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G3	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G4	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G5	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
D2-G6	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
D2-G7	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G8	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D2-G10	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
Varietas Tedjo MZ					
D2-M1	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-M3	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-M4	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-M5	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-M11	4/6 GY	a	Jarang	Tegak	Tahan
D2-M12	4/4 GY	a	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri

Keterangan: GY=Green Yellow.

Tabel 5. Penampilan variabel bentuk umbi (BU), warna kulit umbi (WKU), warna daging umbi (WDU), berbunga atau tidak (BT), dan warna mahkota bunga (WMB) pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 35 Gy

Var. Cek	Variabel				
	BU	WKU	WDU	BT	WMB
Atlantik	Bundar	(1)	Putih (1)	Bunga	Putih
Granola	Oval	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Tedjo MZ	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
Varietas Atlantik					
D3-A3	Bundar	(1)	Putih (1)	Tdk	Tdk ada
Varietas Granola					
D3-G1	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D3-G3	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D3-G5	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D3-G6	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D3-G7	Bundar	(1)	Kuning (4)	Tdk	Tdk ada
D3-G8	Bundar	(1)	Kuning	Tdk	Tdk

D3-G11	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	ada Tdk
D3-G12	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	ada Tdk
Varietas Tedjo MZ							
D3-M1	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	Tdk ada
D3-M5	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	Tdk ada
D3-M7	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	Tdk ada
D3-M8	Bundar	(1)	Kuning	(4)	Kuning	Tdk	Tdk ada

Tabel 6. Penampilan variabel warna daun (WD), susunan daun (SD), frekuensi daun menyimpang(FDM), kebiasaan tumbuh (KT), dan tingkat ketahanan pada mutan hasil radiasi sinar gamma pada dosis 35 Gy

Var. Cek	Variabel				
	WD	SD	FDM	KT	Tingkat Ketahanan
Atlantik	4/6 GY	Tertutup	Jarang	Menyebar	Rentan layu bakteri
Granola	4/6 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
Tedjo MZ	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Rentan layu bakteri
Varietas Atlantik					
D3-A3	4/6 GY	Tertutup	Tinggi	Agak tegak	Tahan
Varietas Granola					
D3-G1	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G3	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G5	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G6	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G7	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Terserang layu bakteri
D3-G8	4/4 GY	Tertutup	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G11	4/4 GY	Sedang	Jarang	Tegak	Tahan
D3-G12	4/4 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
Varietas Tedjo MZ					
D3-M1	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan
D3-M5	4/6 GY	Sedang	Jarang	Agak tegak	Tahan

Keterangan: GY=Green Yellow

Warna Daun

Berdasarkan *Munsell Plant Tissue Chart*, warna daun sesuai dengan Tabel 2, 4, dan 6 adalah 3/4 Gy, 4/4 Gy, dan 4/6 Gy. Pada dosis 15 Gy, ada 2 (dua) mutan varietas Atlantik dengan warna daun 3/4 Gy, 1 (satu) mutan dengan warna 4/4 Gy, dan 8 (delapan) mutan dengan warna 4/6 Gy ada 8 mutan. Pada dosis 25 Gy, ada 1 (satu) mutan dengan warna daun 4/4 Gy, dan 9 (sembilan) mutan dengan warna daun 4/6 Gy. Sedangkan dosis 35 Gy, ada 1 (satu) mutan yang memiliki warna daun 4/6 Gy. Pada dosis 15 Gy, ada 7 (tujuh) mutan varietas Granola dengan warna daun 4/4 Gy, dan 4 (empat) mutan dengan warna daun 4/6 Gy. Pada dosis 25 Gy, ada 7 (tujuh) mutan dengan warna daun 4/4 Gy dan 2 (dua) mutan dengan warna daun 4/6 Gy. Sedangkan pada dosis 35 Gy, ada 8 (delapan) mutan dengan warna daun 4/4 Gy. Pada dosis 15 Gy, ada 1

(satu) mutan varietas Tedjo MZ dengan warna daun 4/4 Gy dan 4 (empat) mutan dengan warna daun 4/6 Gy. Pada dosis 25 Gy, ada 5 (lima) mutan dengan warna daun 4/4 Gy dan 1 (satu) mutan dengan warna daun 4/6 Gy. Sedangkan pada dosis 35 Gy, ada 2 (dua) mutan dengan warna daun 4/6 Gy.

Warna daun kentang hasil radiasi mengalami perbedaan dengan kontrol pada dosis 25 dan 35 Gy pada varietas Atlantik dan Granola dengan nilai pada varietas Atlantik yaitu 4/6 Gy dan nilai pada varietas Granola yaitu 4/4 Gy. Sedangkan pada varietas Tedjo MZ terjadi perbedaan hanya pada dosis 15 Gy. Hal tersebut sesuai dengan laporan Melina (2008) yang menyatakan bahwa semakin tinggi dosis radiasi sinar gamma yang diberikan, maka semakin mengubah warna dan bentuk daun dari kedua spesies philodendron. Berdasarkan Buku Panduan Pengujian Individu oleh Pusat PVT (2006), untuk variabel daun yang diamati adalah intensitas warna hijau daun yang digolongkan menjadi tiga, yaitu terang, sedang, dan gelap. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata pada warna daun. Namun, warna daun yang teramati dari keseluruhan tanaman sebagian besar termasuk kategori hijau sedang.

Susunan Daun

Berdasarkan Tabel 2, 4 dan 6, ada tiga bentuk susunan daun tanaman kentang yang diteliti, yaitu tertutup, sedang, dan terbuka. Pada dosis 15 Gy, ada 4 (empat) mutan varietas Atlantik dengan susunan daun sedang dan 7 (tujuh) mutan dengan susunan daun tertutup. Pada dosis 25 Gy, ada 3 (tiga) mutan dengan susunan daun sedang dan 7 (tujuh) mutan dengan susunan daun tertutup. Sedangkan pada dosis 35 Gy, ada 7 (tujuh) mutan dengan susunan daun sedang dan 1 (satu) mutan dengan susunan daun tertutup. Pada dosis 15 Gy, ada 11 (sebelas) mutan varietas Granola dengan susunan daun sedang. Pada dosis 25 Gy, ada 6 (enam) mutan dengan susunan daun sedang dan 3 (tiga) mutan dengan susunan daun terbuka. Sedangkan pada dosis 35 Gy, ada 7 (tujuh) mutan dengan susunan daun sedang dan 1 (satu) mutan dengan susunan daun tertutup. Pada dosis 15 Gy, ada 4 (empat) mutan varietas Tedjo MZ dengan susunan daun sedang dan 1 (mutan) dengan susunan daun terbuka. Pada dosis 25 Gy, ada 1 (satu) mutan dengan susunan daun sedang dan 5 (lima) mutan dengan susunan daun terbuka. Sedangkan dosis 35 Gy, ada 2 (dua) mutan dengan susunan daun sedang.

Susunan daun, baik terbuka, sedang, maupun tertutup merupakan bagian dari karakter morfologi yang merupakan manifestasi dari serangkaian proses yang terjadi. Radiasi sinar gamma merupakan salah satu stimulus dari faktor

eksternal yang dapat mempengaruhi mekanisme ekspresi gen pada aras molekul. Menurut Wi et al. (2007), sinar gamma termasuk ke dalam sinar radiasi yang terionisasi dan mampu berinteraksi dengan atom-atom atau molekul-molekul untuk menghasilkan radikal bebas dalam sel. Radikal-radikal bebas tersebut dapat merusak atau memodifikasi komponen-komponen penting dalam sel tanaman. Iradiasi sinar gamma telah dilaporkan memiliki pengaruh secara berbeda terhadap morfologi, anatomi, biokimia, dan fisiologi dari tanaman tertentu, tergantung pada level radiasi yang diberikan. Lebih lanjut, Wi et al. (2005) menuliskan bahwa pengaruh tersebut termasuk perubahan dalam struktur dan metabolisme seluler, misalnya pelebaran membrane tilakoid, perubahan level fotosintesis, peningkatan aktivitas sistem antioksidan, dan akumulasi senyawa-senyawa fenolik. Perubahan aktivitas biokimia dan fisiologis sebagai dampak dari berubahnya mekanisme ekspresi genetik dalam sel memiliki peran dalam berubahnya struktur morfologi tanaman yang mendapatkan paparan sinar gamma, salah satunya adalah susunan daun pada tanaman. Laporan Choi & Kim (2013) menuliskan bahwa setiap tanaman tertentu membutuhkan jangkauan dosis radiasi sinar gamma yang spesifik untuk memungkinkan terjadinya perubahan sifat morfologi tanaman.

Setiap susunan daun berbeda yang dihasilkan di setiap dosis radiasi sinar gamma terhadap varietas kentang yang digunakan dapat mempengaruhi proses fisiologis tanaman. Akses sinar matahari pada susunan daun yang terbuka dapat lebih mudah dibandingkan dengan susunan daun yang tertutup. Hal ini dapat mempengaruhi efisiensi proses fisiologis yang terjadi di dalam sel.

(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Susunan daun tanaman kentang (a). Varietas atlantik. (b). Varietas Granola. (c). Varietas Tedjo MZ

Frekuensi Daun Menyimpang

Frekuensi daun menyimpang merupakan pengamatan yang melihat bentuk fisik dari daun kentang yang memiliki bentuk berbeda dengan daun normal. Menurut buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang untuk variabel frekuensi daun menyimpang dibagi dalam 3 bagian yaitu, jarang, sedang, dan tinggi. Berdasarkan Tabel 2, 4 dan 6 menunjukkan bahwa terjadi pengaruh frekuensi daun menyimpang pada beberapa dosis yang dicoba, hanya saja masih dalam tingkat jarang dan hanya beberapa pada tingkat tinggi.

Frekuensi daun menyimpang varietas Atlantik dosis 15 Gy taraf jarang ada 9 mutan dan taraf tinggi ada 2 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki taraf jarang ada 10 mutan. Sedangkan pada dosis 35 Gy yang memiliki taraf tinggi ada 1 mutan. Varietas Granola dosis 15 Gy yang memiliki taraf jarang ada 10 mutan dan taraf tinggi ada 1 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki taraf jarang ada 9 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki taraf jarang ada 8 mutan. Varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy yang memiliki taraf jarang ada 5 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki taraf jarang ada 6 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki taraf jarang ada 2 mutan. Hal ini sesuai dengan penelitian Devy (2006) bahwa pada perlakuan iradiasi menghasilkan daun berbentuk keriting dan tunas berbentuk roset sedangkan pada perlakuan tanpa iradiasi, daun dan tunas berbentuk normal. Kondisi ini diduga karena adanya perubahan keseimbangan hormon sitokinin endogen akibat iradiasi sinar gamma.



(a)



(b)

Gambar 2. (a). Daun kentang normal
(b). Daun kentang menyimpang.

Berbunga atau Tidak

Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 23, 25 dan 27 menunjukkan bahwa terdapat dua macam hasil pembungaan, yaitu berbunga dan tidak. Varietas Atlantik dosis 15 Gy yang mengalami pembungaan ada 10 mutan dan 1 mutan tidak berbunga. Pada dosis 25 Gy yang mengalami pembungaan ada 5 mutan dan 5 mutan tidak berbunga. Sedangkan pada dosis 35 Gy ada 1 mutan yang tidak berbunga. Varietas Granola dosis 15 Gy terdapat 11 mutan yang tidak berbunga. Pada dosis 25 Gy ada 9 mutan yang tidak berbunga. Sedangkan dosis 35 Gy ada 8 mutan yang tidak berbunga. Varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy ada 6 mutan yang tidak berbunga. Pada dosis 25 Gy ada 6 mutan yang tidak berbunga. Sedangkan dosis 35 Gy ada 4 mutan yang tidak berbunga.

Proses pembungaan merupakan proses morfologi dan biologi yang dikendalikan secara akurat dan kompleks pada tanaman, karena terdiri dari berbagai pengaturan spasial dari sejumlah gen yang spesifik ada pada organ tertentu selama siklus hidup tanaman tingkat tinggi (Taiz et al., 2015). Mátyás et al. (2019) menuliskan bahwa gen-gen yang mengendalikan pembungaan dapat dipengaruhi oleh sinyal dari lingkungan maupun sinyal endogen. Iradiasi sinar gamma merupakan salah satu jenis faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi mekanisme pembentukan bunga pada tanaman.

Tahapan proses pembungaan melibatkan transisi jaringan meristem vegetatif yang menghasilkan organ daun dan batang, kemudian menjadi meristem bunga, sehingga dihasilkan bunga (Blázquez et al., 2001). Lebih lanjut Blázquez et al. (2001) menyebutkan bahwa ada 4 (empat) jalur genetik yang mengendalikan waktu pembungaan pada tanaman model *Arabidopsis*. Dua jalur yang utama yang menjadi perantara terhadap respon lingkungan adalah jalur hari panjang (long-day) dan vernalisasi. Dua jalur lainnya yang tidak tergantung dengan faktor lingkungan adalah jalur otonom (yang

menginduksi pembungaan di segala kondisi) dan jalur asam giberelin (Giberelin Acid), yang dibutuhkan untuk pembungaan pada kondisi hari pendek (short-day) tanpa adanya induksi berupa stimulus dari luar. Mátyás et al. (2019) menambahkan bahwa kelompok-kelompok gen pengendali pembungaan pada tanaman *Ambrosia artemisiifolia* L. (*Asteraceae*) dapat dibedakan berdasarkan 2 (dua) fase, yaitu fase inisiasi meristem bunga dan fase pembentukan arsitektur bunga. Untuk fase inisiasi meristem bunga, ada gen-gen yang mengendalikan ekspresi protein faktor transkripsi maupun protein enzim yang terlibat dalam jalur fotoperiodik, vernalisasi, jalur GA, dan gen-gen yang berperan dalam perkembangan bunga. Sedangkan pada fase berbunga, ada gen-gen yang dinamakan sebagai gen ABC (E). Iradiasi sinar gamma yang diberikan dapat mengubah pola ekspresi gen yang ada pada tanaman, sehingga mengganggu proses pembentukan bunga pada fase generatif. Perubahan pola ekspresi gen akibat iradiasi sinar gamma yang merupakan salah satu faktor lingkungan dapat berupa represi atau penghambatan terhadap aktivitas ekspresi gen tertentu, sehingga mempengaruhi eksistensi bunga pada tanaman.

Warna Mahkota Bunga

Berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang warna mahkota bunga dibagi menjadi 3 bagian, yaitu putih, violet merah, dan violet biru. Data Tabel 1, 3 dan 5 yang diperoleh dari hasil penelitian untuk warna mahkota bunga pada varietas Atlantik yang mengalami pembungaan yaitu berwarna putih. Untuk varietas lain yang mengalami mutasi iradiasi sinar gamma, tidak memunculkan warna mahkota bunga.

Warna putih mahkota bunga pada varietas Atlantik yang mengalami iradiasi sinar gamma dapat disebabkan karena adanya mutasi yang terjadi pada gen-gen yang terlibat dalam ekspresi gen protein-protein pengendali jalur metabolisme pigmen-pigmen warna. Menurut Zhao et al. (2020), mutasi warna merupakan hal yang umum terjadi pada tanaman dan merupakan fenomena yang mudah diidentifikasi pada tanaman tingkat tinggi. Nishihara et al. (2014) melaporkan bahwa penyebab munculnya warna putih pada bunga tanaman *Torenia fournieri* Lind. kultivar *Crown White* adalah elemen retrotransposable baru (*TORE1*) yang disisipkan ke dalam daerah hulu ujung 5' dari gen *F3H*, yang secara langsung bertanggung jawab untuk munculnya fenotip bunga yang berwarna putih. Młodzińska (2009) menambahkan bahwa bunga berwarna putih merupakan penyerap sinar UV, dan

bunga tersebut memantulkan cahaya dengan kekuatan yang setara dengan semua warna pada panjang gelombang yang lain, sehingga dapat menstimulus reseptor-reseptor sel dari semua jenis.

Warna Kulit Umbi

Berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang menunjukkan bahwa warna kulit umbi digolongkan menjadi 5 bagian, yaitu kuning, merah, biru, sebagian merah, dan sebagian biru. Data penelitian pada Tabel 1, 3 dan 5 untuk warna kulit umbi baik kontrol maupun perlakuan dari seluruh varietas memiliki warna yang sama yaitu kuning. Tidak ada perubahan warna antara umbi pada varietas kentang yang normal maupun yang mendapatkan iradiasi sinar gamma.

Pembentukan umbi, yang merupakan modifikasi batang pada tanaman kentang, akan terjadi setelah fase vegetatif. Fase pembentukan umbi meliputi inisiasi, pembesaran, dilanjutkan dengan pemasakan umbi (Gutomo, 2015). Apabila tidak terjadi perubahan warna umbi pada mutan dibandingkan dengan varietas yang normal, maka hal ini dapat disebabkan karena sinar iradiasi yang diberikan tidak mempengaruhi jalur metabolisme pigmen warna kulit umbi setelah fase vegetatif. Warna kuning berhubungan dengan adanya senyawa karotenoid, khususnya xantofil, yang mengandung oksigen tambahan dalam struktur molekulnya (Młodzińska, 2009).

Warna Daging Umbi

Berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang warna daging umbi dibagi menjadi 5 bagian yaitu putih, krem, kuning muda, kuning, kuning tua. Data pada Tabel 1, 3, dan 5 untuk warna daging umbi hasil penelitian terdiri dari dua yaitu putih dan kuning. Varietas Atlantik dosis 15 Gy yang memiliki warna putih ada 10 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki warna putih ada 10 mutan. Sedangkan pada dosis 35 Gy yang memiliki warna putih ada 1 mutan. Varietas Granola dosis 15 Gy yang memiliki warna kuning ada 11 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki warna kuning ada 9 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki warna kuning ada 8 mutan. Varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy yang memiliki warna kuning ada 5 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki warna kuning ada 6 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki warna kuning ada 4 mutan. Sehingga hasil varietas Granola adalah berwarna kuning, varietas Atlantik adalah putih, dan varietas Tedjo MZ adalah kuning. Sehingga hasil mutasi tidak menunjukkan perbedaan dengan kontrol. Menurut Sugiarto (2001),

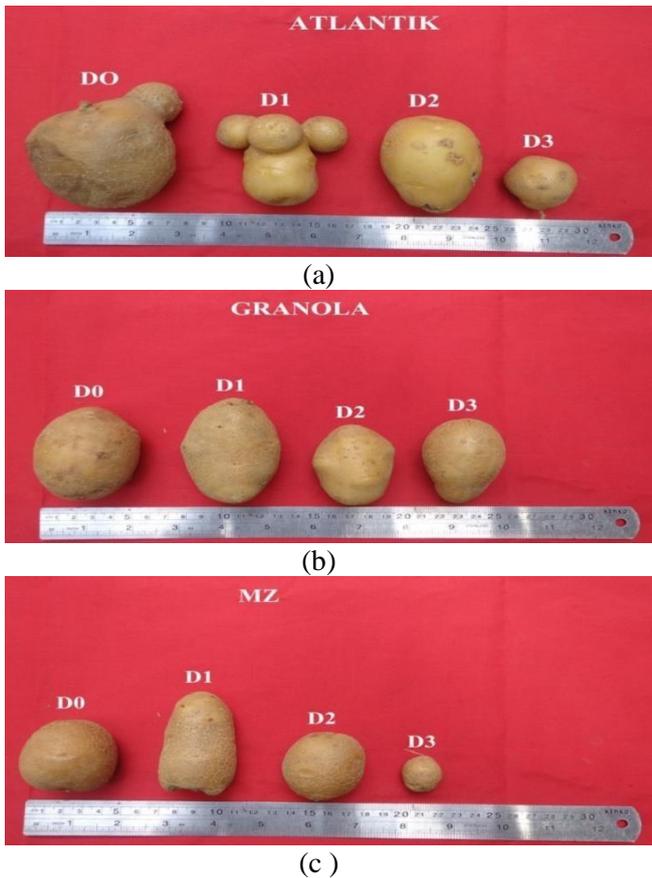
pengamatan warna daging umbi menunjukkan bahwa hampir tidak ada keragaman yang dihasilkan dari kultivar kentang hasil mutasi. Hal ini dapat disebabkan karena tidak ada gangguan metabolisme pada sintesis pigmen warna tersebut, sebagai manifestasi dari tidak adanya perubahan ekspresi gen yang signifikan pada mutan yang dihasilkan.

Bentuk Umbi

Berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang bentuk umbi tanaman kentang dibagi menjadi 6 bagian yaitu bundar, oval pendek, oval, oval panjang, panjang, sangat panjang. Data dari Tabel 23, 25 dan 27 bentuk umbi yang teramati yaitu bundar, oval, oval panjang. Varietas Atlantik dosis 15 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 10 mutan dan bentuk oval ada 1 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 10 mutan. Sedangkan pada dosis 35 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 1 mutan. Varietas Granola dosis 15 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 11 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 5 mutan, bentuk oval panjang ada 1 mutan, dan bentuk oval ada 1 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 8 mutan. Varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 3 mutan dan bentuk oval panjang ada 2 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 4 mutan dan bentuk oval ada 2 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki bentuk bundar ada 4 mutan.

Varietas Atlantik dan Tedjo MZ baik perlakuan maupun kontrol memiliki bentuk yang sama yaitu bundar. Sedangkan pada hasil radiasi sinar gamma varietas Granola menunjukkan bentuk bundar, dan berbeda dengan bentuk umbi kontrol yaitu oval. Menurut Samadi (2007), bentuk umbi kentang ada yang bulat, oval agak bulat (bulat lonjong), dan bulat panjang. Kentang varietas Granola memiliki bentuk umbi bulat lonjong, varietas Atlantik memiliki bentuk bulat, sedangkan pada varietas Tedjo MZ memiliki bentuk bulat (PVTTPP, 2014).

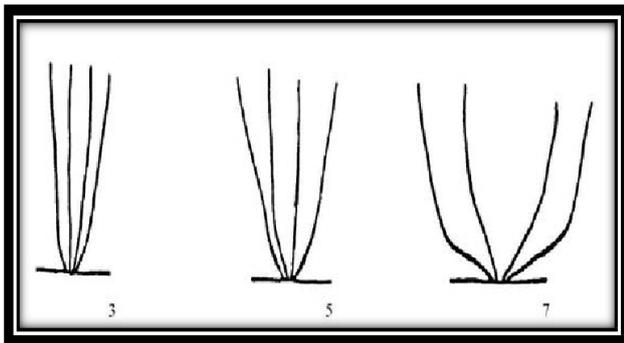
Menurut Maluszinski *et al.* (1995), radiasi sinar gamma dapat berpengaruh terhadap perubahan fisiologis regenerasi. Perubahan fisiologis dan genetik dapat diekspresikan dengan adanya perubahan penampilan fenotipik regenerasi yang sangat bervariasi. Selain itu, faktor tanah juga mempengaruhi bentuk umbi, dikarenakan tanah di lokasi penelitian memiliki tekstur liat sehingga umbi tidak dapat berkembang dengan baik.



Gambar 3. (a). Penampilan bentuk umbi varietas Atlantik (b). Penampilan bentuk umbi varietas Granola (c). Penampilan bentuk umbi varietas Tedjo MZ. Keterangan: D0 (Dosis kontrol), D1 (Dosis 15 Gy), D2 (Dosis 25 Gy), D3 (Dosis 35 Gy).

Kebiasaan Tumbuh

Berdasarkan buku panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan kentang kebiasaan tumbuh pada tanaman kentang dibagi menjadi 3 bagian yaitu tegak, agak tegak, dan menyebar, yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Kebiasaan tumbuh (Sumber: PVT (2006))

Data Tabel 2, 4, dan 6 menunjukkan bahwa kebiasaan tumbuh tanaman kentang yang telah teramati terbagi menjadi 3 yaitu menyebar, agak tegak dan tegak. Kebiasaan tumbuh varietas Atlantik dosis 15 Gy yang memiliki bentuk

menyebar ada 8 mutan, bentuk agak tegak ada 3 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk menyebar ada 3 mutan, bentuk tegak ada 3 mutan, dan bentuk agak tegak ada 3 mutan. Sedangkan pada dosis 35 Gy yang memiliki bentuk agak tegak ada 1 mutan. Kebiasaan tumbuh varietas Granola dosis 15 Gy yang memiliki bentuk tegak ada 6 mutan dan agak tegak ada 5 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk tegak ada 9 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki bentuk tegak ada 7 mutan dan bentuk agak tegak ada 1 mutan. Kebiasaan tumbuh varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy yang memiliki bentuk tegak ada 3 mutan dan bentuk agak tegak ada 2 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki bentuk tegak ada 6 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki bentuk agak tegak ada 2 mutan.

Kebiasaan tumbuh pada mutan yang mengalami perubahan dibandingkan dengan tanaman normal dapat mempengaruhi level fotosintesis dari mutan yang dihasilkan. Keragaman dihasilkan pada mutan terkait kebiasaan tumbuh ini dapat menjadi salah satu kriteria dalam program seleksi pada pemuliaan tanaman. Biasanya, preferensi pemulia mengarah ke kebiasaan tumbuh tanaman yang tegak, karena lebih tahan terhadap faktor lingkungan dan lebih efisien dalam menerima radiasi sinar matahari yang akan terlibat dalam reaksi fotosintesis.

Tingkat Ketahanan

Pengamatan tingkat ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* dilakukan mulai awal muncul tunas hingga tanaman panen. Pengamatan dilakukan per tanaman, apabila pada masa hidup tanaman kentang tidak terlihat gejala terserang patogen penyebab penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* tanaman tersebut disebut tahan, namun apabila pada masa hidup tanaman kentang tersebut terlihat gejala serangan patogen penyebab penyakit layu bakteri dan *Phytophthora infestans* maka tanaman itu disebut rentan.

Berdasarkan data Tabel 2, 4, dan 6, bahwa perlakuan radiasi sinar gamma 15, 25, dan 35 Gy cenderung berpengaruh terhadap ketahanan tanaman terutama penyakit *Phytophthora infestans* dan layu bakteri yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanaceae* jika dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut diduga karena radiasi sinar gamma mampu menginduksi tingkat ketahanan terhadap penyakit sehingga beberapa mutan mempunyai tingkat ketahanan terhadap penyakit lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Menurut Soedjono (2003), tanaman mutan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap serangan patogen dan

kekeringan. Ditunjukkan pada Tabel 1, 3, dan 5, rerata dosis kontrol yang lebih banyak terserang penyakit dibandingkan mutan.

Data hasil penelitian pada varietas Atlantik dosis 15 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 6 mutan dan terserang layu bakteri ada 5 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 8 mutan dan terserang layu bakteri ada 2 mutan. Sedangkan pada dosis 35 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 1 mutan. Varietas Granola dosis 15 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 10 mutan dan terserang layu bakteri ada 2 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 6 mutan dan terserang layu bakteri ada 3 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 7 mutan dan terserang layu bakteri ada 1 mutan. Varietas Tedjo MZ dosis 15 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 5 mutan dan terserang layu bakteri ada 1 mutan. Pada dosis 25 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 5 mutan dan terserang layu bakteri ada 1 mutan. Sedangkan dosis 35 Gy yang memiliki tingkat ketahanan ada 2 mutan.

Mutan-mutan yang tahan terhadap penyakit *Phytophthora infestans* dan layu bakteri yakni pada varietas Atlantik dosis 15 Gy (Tabel 23) ada 6 mutan yaitu D1-A1, D1-A4, D1-A5, D1-A7, D1-A8 dan D1-A11, pada dosis 25 Gy (Tabel 25) ada 8 mutan yaitu D2-A1, D2-A3, D2-A4, D2-A6, D2-A8, D2-A10, D2-A11, dan D2-A12, sedangkan pada dosis 35 Gy (Tabel 27) ada 1 mutan yaitu D3-A3. Tingkat ketahanan pada varietas Granola dosis 15 Gy (Tabel 23) ada 10 mutan yaitu D1-G1, D1-G2, D1-G3, D1-G4, D1-G5, D1-G6, D1-G8, D1-G9, D1-G10, dan D1-G11, pada dosis 25 Gy (Tabel 25) ada 6 mutan yaitu D2-G1, D2-G2, D2-G3, D2-G4, D2-G7, dan D2-G8, sedangkan pada dosis 35 Gy (Tabel 27) ada 7 mutan yaitu D3-G1, D3-G3, D3-G5, D3-G6, D3-G8, D3-G11, dan D3-G12. Tingkat ketahanan pada varietas TEDJO MZ dosis 15 Gy (Tabel 22) ada 5 mutan yaitu D1-M1, D1-M2, D1-M4, D1-M5, dan D1-M6, pada dosis 25 Gy (Tabel 24) ada 5 mutan yaitu D2-M1, D2-M3, D2-M4, D2-M5, dan D2-M11, sedangkan pada dosis 35 Gy (Tabel 27) ada 1 mutan yaitu D3-M5.

Pada varietas Atlantik yang memiliki kecenderungan tingkat ketahanan adalah dosis 25 Gy dengan jumlah 8 mutan tanaman tahan, lebih banyak jika dibandingkan dengan dosis kontrol, 15 Gy, dan 25 Gy. Varietas Granola yang memiliki tingkat ketahanan adalah dosis 15 Gy dengan jumlah 10 mutan tanaman tahan, lebih banyak jika dibandingkan dengan dosis kontrol, 25 Gy, dan 35 Gy. Varietas Tedjo MZ yang memiliki tingkat ketahanan adalah dosis 15 Gy dan 25 Gy, karena menghasilkan jumlah mutan tahan yang sama yaitu 5 mutan.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa mutan tertinggi untuk tingkat ketahanan terhadap penyakit *Phytophthora infestans* dan layu bakteri pada varietas Atlantik adalah dosis 25 Gy, varietas Granola adalah dosis 15 Gy, dan varietas Tedjo MZ adalah dosis 15 Gy dan 25 Gy. Berdasarkan literatur Suryowinoto (1987) yang menyatakan bahwa penggunaan energi seperti sinar gamma pada tanaman akan memberikan pengaruh yang baik di bidang pertanian, dengan perlakuan dosis radiasi sinar gamma dan dosis yang tepat diperoleh tanaman yang mempunyai sifat-sifat seperti hasil tinggi, umur pendek, tahan terhadap penyakit. Namun menurut Mugiono (2001) menyatakan bahwa mutasi tidak dapat diamati pada generasi M1, kecuali yang termutasi adalah gamet haploid. Tanaman yang diberi perlakuan radiasi umumnya baru dapat memunculkan efek mutasi pada generasi selanjutnya (M2), sedangkan tanaman hasil penelitian masih merupakan generasi pertama (M1). Menurut penelitian dari Soedjono (2003) menyatakan bahwa seringkali penampakan akibat mutasi baru muncul setelah generasi selanjutnya (M2).

KESIMPULAN

Perlakuan radiasi sinar gamma memberikan pengaruh yang berbeda dengan tanaman kontrol pada variabel bentuk daun, frekuensi daun menyimpang, kebiasaan tumbuh, bentuk umbi, dan sifat ketahanan terhadap penyakit. Mutan yang memberikan keunggulan dalam segi ketahanan terhadap penyakit adalah mutan D1-A11, D2-A11, D2-A4, D1-G1, D1-G2, D3-G11, D3-G12, dan D2-M11.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Soedirman atas dukungan biaya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [CIP]. International Potato Centre. 2011. Potato in tropical and subtropical highlands. <http://www.cipotato.org/> . Diakses 19 November 2014.
- Ahloowalia, B.S., Maluszynski and Nichterlein. 2004. Global Impact of Mutation-Derived Varieties. *Euphytica*. 135: 187 – 204.
- Badan Pusat Statistik, 2021. *Statistik Hortikultura 2021*. BPS RI: Jakarta.

- Blázquez, M., Koornneef, M., Putterill, J. 2001. Flowering on time: genes that regulate the floral transition. Workshop on the molecular basis of flowering time control. *EMBO Rep.* 2(12):1078-82. doi: 10.1093/embo-reports/kve254
- Choi, J-I., Kim, J-K. 2013. Effect of Irradiation on the Biological System in Plants. *J Plant Biotechnol* 40:111–124 DOI:http://dx.doi.org/10.5010/JPB.2013.40.3.111
- Devy L dan Dodo R. Sastra. 2006. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Terhadap Kultur In Vitro Tanaman Jahe. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 8 (1): 7-14
- Effendie, K. 2003. Kentang Prosesing Untuk Agroindustri. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian.* 24 (2): 1-3.
- Ezetta, P. 2008. Prospek Pengembangan Kentang Dunia. *Proceeding Seminar Pekan Kentang Nasional.* Lembang. Bandung, 23 – 28 Agustus 2008.
- Gutomo, A. 2015. Pengaruh Konsentrasi Jenis Pupuk terhadap Pembentukan Umbi Mikro Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara Hidroponik. *Skripsi.* Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Ismachin, M. 1988. *Pemuliaan Tanaman dengan Mutasi Buatan.* Jakarta : Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Badan Tenaga Atom Nasional.
- Koornneef, M. 1991. *Variation and Mutant Selection in Plant Cell and Tissue Culture in Biotechnological Innovations.* Open Universteit Nederland and Thames Polytechnic United Kingdom.
- Maluszynski, M., Ahloowalia, B.S., and Sigurbjornsson, B. 1995. Application of in Vivo and in Vitro Mutation Techniques for Crop Improvement. *Dalam: Oktafiana, Z (Ed.), Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan Anggrek Hibrida Dendrobium schulerii x May Neal Wrap secara in Vitro.* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Mátyás, K.K., Hegedűs, G., Taller, J., Farkas, E., Decsi, K., Kutasy, B., Kálmán, N., Nagy, E., Kolics, B., Virág, E. 2019. Different Expression Pattern of Flowering Pathway Genes Contribute to Male or Female Organ Development During Floral Transition in The Monoecious Weed *Ambrosia artemisiifolia* L. (*Asteraceae*). *PeerJ.* 4;7:e7421. doi: 10.7717/peerj.7421
- Melina, R. 2008. Pengaruh Mutasi Induksi Dengan Radiasi Sinar Gamma terhadap Keragaman Dua Spesies Philodendron (*Philodendron bipinnatifidum* cv. *Crocodile teeth* dan *P. xanadu*). *Skripsi.* Fakultas Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Micke, A. and B. Donini. 1993. Induced Mutation. In M.D. Hayward, N.O. Bosermark, and I. Romagosa (Eds.). *Plant Breeding Principles and Prospects.* Chapman & Hall. London.
- Młodzińska, E. 2009. Survey of Plant Pigments: Molecular and Environmental Determinants of Plant Colors. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 51 (1): 7-16.
- Munsell Color Charts. *Munsell Color.* Gretagmacbeth 617 Little Britan Road. New Windsor, New York 12553-6148
- Nishihara, M., Yamada, E., Saito, M. 2014. Molecular characterization of mutations in white-flowered torenia plants. *BMC Plant Biol* 14 (86): 1-12
- Pusat PVT. 2006. *Panduan Pengujian Individual Kebaruan, Keunikan, Keseragaman dan Kestabilan: Kentang.* Departemen Pertanian Republik Indonesia.
- Pusat PVTTPP. 2014. *Berita Resmi PVT: Pendaftaran Varietas Lokal.* No. Publikasi: 004/BR/PVL/02/2014. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Samadi, B. 2007. *Kentang dan Analisis Usaha Tani.* Kanisius. Yogyakarta. Setiadi. 2009. *Budidaya Kentang.* Penebar Swadaya. Jakarta.
- Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan Tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian.* 22 (2): 70-78.
- Soeranto, H. 2003. *Peran Iptek Nuklir dalam Pemuliaan Tanaman untuk Mendukung Industri Pertanian.* Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional. Jakarta.
- Stark, J.C. dan S.L. Love. 2003. *Potato Production Systems.* University of Idaho Agricultural Communications. Idaho, U.S.A.
- Sugiarto, A. 2001. Uji Kultivar Hasil Radiasi dan Introduksi Beberapa Kultivar Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Skripsi.* Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., Murphy, A. 2015. *Plant Physiology and Development.* Sixth Edition. Sunderland: Sinauer Associates, Incorporated; 2015. p. 761.
- Van Harten, A.M. 1998. *Mutation Breeding. Theory and Practical Application.* Cambridge University Press. New York.
- Wattimena, G. A. 1992. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman.* Pusat Antar Universitas (PAU)

Bekerjasama dengan Lembaga Sumberdaya
Informasi IPB. Bogor.

Wi, S.G., Chung, B.Y., Kim, J-S., Kim, J-H, Baek,
M-H., Lee, J-W., Kim, Y S. 2007. Effects of
gamma irradiation on morphological changes
and biological responses in plants. *Micron* 38:
553-564

Zhao, M-H., Li, X., Zhang, X-X., Zhang, H., Zhao,
X-Y. 2020. Mutation Mechanism of Leaf
Color in Plants: A Review. *Forests* 11(8):851