

Iradiasi Sinar Gamma untuk Menghasilkan Variasi Fenotipe pada Tanaman Patah Tulang Kriwil (*Euphorbia tirucalli*) Hoya Curly

Rita Tri Puspitasari^{1*}, Ade Sumiahadi², Dirgahani Putri³

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. K.H Ahmad Dahlan, Cirendeu, Ciputat Timur, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

*E-mail: tripuspitasari@umj.ac.id

Diterima: 08/08/2023

Direvisi: 20/11/2023

Disetujui: 16/12/2023

ABSTRAK

Indonesia memiliki biodiversitas yang tinggi, termasuk tanaman. Namun kenyataannya, Indonesia masih banyak mengimpor tanaman terutama tanaman hias dari luar negeri. Hal tersebut mendorong peneliti untuk mendapatkan jenis-jenis tanaman hias unik dan menarik yang diharapkan dapat diminati. Salah satu cara yang dilakukan adalah mutasi. Mutagen dapat berupa fisik, kimia atau rekayasa genetik. Mutagen secara fisik dengan iradiasi sinar gamma menjadi pilihan yang relatif lebih murah dan cepat dengan potensi keragaman tinggi, yang diharapkan tanaman hias menjadi lebih beragam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari dosis iradiasi yang dapat mengubah fenotipe patah tulang kriwil yang berbeda dari fenotipe aslinya. Penelitian dilaksanakan di *nursery* Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta, pada bulan Agustus 2022 sampai November 2023. Dosis Iradiasi sinar gamma yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 Gy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis iradiasi sinar gamma yang digunakan pada penelitian ini belum dapat menghasilkan keragaman karakter kuantitatif maupun kualitatif pada tanaman patah tulang kriwil Hoya Curly pada pengamatan 3-6 bulan, namun setelah satu tahun kemudian baru terlihat perubahan karakter kualitatif, yaitu pada perlakuan 4 Gy dan 10 Gy. Pada dosis iradiasi 4 Gy terdapat tanaman dengan ukuran daun lebih kecil, warna daun dan batang menjadi hijau, namun bentuk daun tetap kriwil dengan habitus menjuntai seperti kontrol. Perubahan pada 10 Gy, daun tidak keriting, tangkai daun lebih panjang, ukuran daun lebih besar, namun warna daun tetap putih kehijauan, dan habitus tetap menjuntai seperti kontrol.

Kata kunci: Fenotipe, keragaman, mutasi, pemuliaan tanaman

ABSTRACT

*Indonesia has high biodiversity, including plants. However, in reality, Indonesia still imports a lot of plants, especially ornamental plants, from abroad. This fact encourages researchers to get unique types of ornamental plants that are expected to be of public interest. One way to do this is mutation. Mutagens can be physical, chemical or genetic engineering. Physical mutagen by gamma irradiation is a relatively cheaper and faster option with high diversity potential, which is expected to increase the diversity of ornamental plants. This study aimed to find an irradiation dose that could change the phenotypic characters of *Euphorbia tirucalli* Hoya Curly, which was different from the original phenotype. The research was conducted in the nursery of the Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Jakarta, from August to November 2022. The doses of gamma irradiation used in this study were 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 Gy. The results showed that the doses of gamma irradiation used in this study could not produce a diversity of quantitative or qualitative characters in the Hoya Curly kriwil fracture plant in 3-6 months observation. However, approximately one year later, changes were seen in the qualitative characters, namely in 4 and 10 Gy doses. At an irradiation dose of 4 Gy there were plants with smaller leaf sizes and the colour of the leaves and stems became green, but the leaf shape remained curly with a dangling habitus like the control. Changes at 10 Gy, the leaves did not curl, the petiole was longer, the leaf size was larger, but the colour of leaves and stem remained greenish white with a dangling habitus like the control.*

Keywords: Mutation, phenotype, plant breeding, variation

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 memiliki sisi positif di bidang pertanian, salah satunya adalah semakin

meningkatnya penyuka tanaman hias. Peningkatan permintaan diikuti dengan persediaan yang mesti juga lebih meningkatkan

daya tarik tanaman dengan kuantitas yang terjaga. Pilihan tanaman hias yang unik, menarik dan beda dari umumnya menjadi daya pikat tersendiri bagi pembeli walaupun dengan harga yang terkadang spektakuler. Semakin langka tanaman tersebut semakin mahal pula harga jualnya karena semakin sulit untuk dikembangkan. Peluang tanaman hias yang menarik tersebut banyak dimanfaatkan oleh Thailand sebagai penyuplai terbesar tanaman hias di Indonesia yang sudah cukup lama. Pandemi tentu mempersulit suplai dari Thailand yang berimbas pada harga yang semakin meningkat. Kondisi tersebut menjadi peluang besar bagi para pemulia Indonesia dalam pengembangan dan produksi tanaman hias. Hal inilah juga mendorong peneliti untuk menghasilkan jenis-jenis tanaman hias unik dan menarik yang diminati dengan cara mutasi.

Mutasi yang diinduksi baik secara fisik maupun kimiawi merupakan pendekatan praktis dalam pengembangan varietas tanaman dengan perbanyakan secara vegetatif. Hal tersebut dapat mengubah satu atau lebih karakter tanpa mengubah seluruh karakter dalam genotipe (Mullainathan et al., 2014). Mutasi merupakan salah satu metode yang paling tua dalam pemuliaan tanaman. Saat ini, pemuliaan secara mutasi kembali populer di kalangan pemulia dan ilmuwan dalam bioteknologi tanaman. Keterbatasan pelaksanaan pada teknik lain seperti hibridisasi, kawin silang dan tanaman transgenik menjadi kendala. Mutagen fisik (sinar-X, sinar UV, partikel neutron-alfa-beta, neutron cepat dan termal, terutama sinar gamma) digunakan lebih luas dari pada zat kimia (etil metanasulfonat/EMS) yang secara artifisial menginduksi mutasi (mutagenesis). Di antara mutagen fisik, sinar gamma yang paling banyak digunakan (Ramazan dan Yildiz, 2017). Rekayasa genetik dengan mengubah genetik organisme (GMO/*Genetically Modified Organisms*) secara transgenik lebih dapat tepat sasaran yang diinginkan (Xiong et al., 2015), namun karena membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan membutuhkan fasilitas laboratorium yang cukup rumit, sehingga tidak menjadi pilihan.

Euphorbia tirucalli merupakan tumbuhan tropis yang menyukai tempat dengan penyinaran penuh matahari langsung dan curah hujan yang rendah seperti *Euphorbia* pada umumnya

(Munawaroh et al., 2017). Pengamatan secara langsung tanaman *E. tirucalli* Hoya Curly jika berada di tempat yang panas dengan cahaya matahari langsung lebih cenderung banyak berwarna putih, akan muncul warna merah dalam keadaan stres dan kekurangan air. Pemberian iradiasi diharapkan keragaman warna pada *E. tirucalli* akan muncul tidak hanya pada kondisi stres.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi memberikan keragaman morfologi, anatomi maupun fisiologi tanaman. Pemberian iradiasi dengan dosis tertinggi (8 Krad) pada *Philodendron scandens* menyebabkan beberapa variasi morfologi. Studi biokimia mengungkapkan bahwa kandungan klorofil (a, b) dan karotenoid tertinggi ditentukan dari aplikasi dosis yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (El-Khateeb et al., 2016). Semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan semakin rendah kemampuan hidup tunas pada *Nepenthes*. Pada dosis radiasi 2 Krad telah terjadi peningkatan keragaman somaklonal di mana tunas hasil radiasi memperlihatkan penampakan visual berbeda dari kontrol dan biakan mampu membentuk kalus yang embriogenik (Damayanti et al., 2011). Mutasi yang diinduksi dengan iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan perubahan pada kromosom dan genom yang menyebabkan variasi morfologi tanaman jahe (Rashid et al., 2013). Perlakuan sinar gamma dengan enam dosis berbeda (5, 7, 9, 11, 13 dan 15 Gy) pada 2 kultivar jahe menunjukkan pada dosis yang berbeda menyebabkan efek berbeda dengan keragaman terekspresi berbeda tergantung varietasnya. Kedua kultivar jahe mati pada dosis sinar Gamma 15 Gy (Abdullah et al., 2018).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian di atas, jenis dan varietas yang berbeda memiliki respons yang berbeda terhadap berbagai dosis iradiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mencari dosis yang dapat mengubah fenotipe *E. tirucalli* berbeda dari tanaman aslinya sehingga menambah keragaman dan memiliki nilai estetika.

METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus hingga November 2022. Iradiasi sinar gamma dilakukan di BRIN Organisasi Riset Tenaga

Nuklir (Ex BATAN) Pasar Jumat, Kota Jakarta Selatan dan penanaman dilakukan di *nursery* Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta, Kota Tangerang Selatan. Penelitian akan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) satu faktor perlakuan yaitu dosis iradiasi sinar gamma dengan 7 taraf yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 Gy (Abdullah et al., 2018; Damayanti et al., 2011; El-Khateeb et al., 2016). Setiap perlakuan diulang sebanyak 6 kali sehingga terdapat 42 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas 5 tanaman sehingga secara keseluruhan terdapat 210 satuan pengamatan (sampel).

Bahan tanam yang digunakan adalah bahan stek *E. tirucalli* Curly Hoya dengan panjang sekitar 8 cm yang setidaknya memiliki 5 mata tunas. Jumlah bahan tanaman (stek) yang diiradiasi sesuai dengan jumlah yang diperlukan ditambah 3 stek pada masing-masing dosis sebagai cadangan sehingga setiap dosis iradiasi (kecuali kontrol) terdapat minimal 48 stek. Pemasangan paranet 25% di lahan pemeliharaan (*nursery*) dilakukan pada kerangka dari bambu yang telah disiapkan dengan luas sesuai dengan denah percobaan.

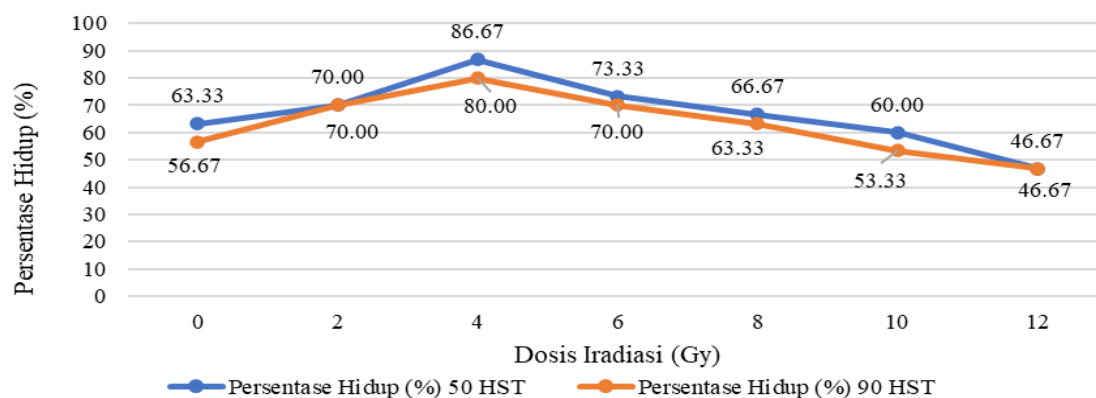
Media yang digunakan adalah media tanam organik komersil. Media dimasukkan ke dalam *polybag* berdiameter 15 cm. Setelah media disiapkan dalam pot, bahan tanaman yang telah diiradiasi sinar Gamma ditanam ke dalam pot-pot tersebut yang telah disusun mengikuti denah percobaan. Penanaman dilakukan dengan memasukkan 1/3 bagian stek ke dalam tanah. Pupuk NPK sesuai dosis rekomendasi diberikan pada saat penanaman. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dan pengendalian hama

dan penyakit. Tanaman disiram sekali sehari di pagi hari. Setiap hari kondisi tanaman diamati untuk mendeteksi serangan hama atau penyakit. Selama penelitian tidak terjadi serangan hama maupun penyakit. Peubah pengamatan yang diamati antara lain karakter kuantitatif dan karakter kualitatif. Karakter kuantitatif meliputi persentase hidup, tinggi tanaman, panjang cabang terpanjang, jumlah cabang, dan jumlah daun diamati sebanyak dua kali yaitu pada 50 dan 90 hari setelah tanaman (HST). Karakter kualitatif meliputi warna dan bentuk daun yang diamati pada 3 bulan dan 15 bulan setelah tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Kuantitatif

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa dosis iradiasi sinar gamma memberikan pengaruh yang tidak nyata pada semua peubah yang diamati baik pada 50 maupun 90 HST. Walaupun demikian, pada peubah persentase hidup, dosis iradiasi 4 Gy memiliki persentase hidup yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil juga menunjukkan bahwa dosis yang lebih tinggi dari 4 Gy cenderung menghasilkan persentase stek hidup yang semakin rendah seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan (**Gambar 1**). Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi cenderung meningkatkan tingkat kematian pada stek tanaman patah tulang. (Oktavina, 2011) melaporkan bahwa iradiasi dosis tinggi mengganggu ikatan kimia senyawa pada tanaman yang menyebabkan kematian sel meristematik di zona titik pertumbuhan yang ditandai dengan tidak adanya peningkatan tinggi tanaman bahkan menyebabkan kematian.



Gambar 1. Pengaruh dosis iradiasi sinar gamma terhadap persentase hidup stek tanaman patah tulang kriwil Hoya Curly pada 50 dan 90 HST.

Pada pengamatan pertumbuhan yang lain, tanaman patah tulang memiliki pertumbuhan yang tidak berbeda nyata pada pemberian dosis radiasi sinar gamma yang berbeda. Hal tersebut dapat dilihat dari pengamatan panjang tunas, jumlah cabang dan jumlah daun (**Tabel 1**) yang dihasilkan tidak berbeda dengan tanaman asalnya (kontrol).

Hasil ini mengindikasikan bahwa pada dosis iradiasi sampai 12 Gy dengan waktu pengamatan yang dilakukan (90 HST) belum cukup untuk menciptakan keragaman karakter kuantitatif pada tanaman patah tulang Hoya Curly. Walaupun demikian, pada dosis 10 dan 12 Gy terlihat ada kecenderungan penekanan pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Pengaruh dosis iradiasi sinar gamma terhadap panjang cabang, jumlah cabang, dan jumlah daun tanaman patah tulang pada 50 dan 90 HST

Perlakuan	Panjang Cabang (cm)		Jumlah Cabang		Jumlah Daun (helai)	
	50 HST	90 HST	50 HST	90 HST	50 HST	90 HST
0 Gy	2,84	4,83	1,96	3,00	12,57	26,56
2 Gy	2,75	4,77	1,39	3,13	10,07	30,00
4 Gy	3,06	4,50	1,60	2,74	11,26	23,90
6 Gy	2,97	4,47	1,84	3,09	12,65	27,05
8 Gy	3,04	4,28	1,72	2,79	12,63	22,42
10 Gy	1,80	3,77	1,26	2,17	7,15	18,14
12 Gy	2,76	4,48	1,67	2,01	10,22	18,61
Nilai p	0,1255tn	0,1837tn	0,3162tn	0,2202tn	0,1418tn	0,1718tn

Ket: tn = Menunjukkan bahwa perlakuan yang diujikan tidak berpengaruh nyata terhadap peubah respons yang diamati berdasarkan sidik ragam pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu bahwa setiap tanaman memiliki respons keragaman fenotipe yang berbeda-beda terhadap dosis iradiasi sinar gamma. Hal tersebut bergantung pada tingkat sensitivitas tanaman terhadap sinar gamma yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran dan jenis bahan yang diradiasi, serta kondisi fisiologis bahan/eksplan/tanaman (Sari et al., 2015; Yunita et al., 2014). Keragaman fenotipe yang berbeda-beda memiliki peran penting dalam menentukan dosis efektif pada perlakuan mutasi untuk tanaman patah tulang Hoya Curly. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pada tanaman keladi perubahan fenotipe mulai terjadi pada dosis iradiasi 10 Gy (Nariah, 2008). Keragaman pada tanaman krisan terjadi pada kisaran dosis 10-15 Gy (Dwimahyani dan Widiarsih, 2010). Pada tanaman *Delphinium malabatricum* dapat mengalami perubahan fenotipe pada dosis 0,5-5 Gy (Kolar et al., 2011). Begitu juga pada tanaman jahe,

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Handayati (2013) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi, maka tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun menjadi terhambat pada bibit keladi hias yang berumur 1,5 bulan setelah aklimatisasi dari kultur. Abdullah et al. (2018) juga melaporkan bahwa pemberian dosis iradiasi yang lebih tinggi (20-25 Gy) menyebabkan penghambatan pertumbuhan tanaman jahe, sehingga tanaman jahe tumbuh lebih kecil dan lebih lambat dari dosis iradiasi yang lebih rendah. Monikasari et al. (2018) juga melaporkan bahwa pertumbuhan tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) mengalami penurunan dengan semakin tingginya dosis iradiasi sinar gamma.

keragaman mulai terlihat pada dosis iradiasi 5 Gy (Abdullah et al., 2018; Rashid et al., 2013).

Semakin tinggi dosis iradiasi bahkan dapat menyebabkan kematian pada tanaman. Penjelasan ini diperkuat oleh (Soedjono, 2003) bahwa perlakuan dosis tinggi iradiasi akan mematikan bahan yang dimutasi atau mengakibatkan sterilisasi, sedangkan pada dosis iradiasi yang rendah pada umumnya dapat mempertahankan daya hidup atau tunas tanaman. Nariah (2008) melaporkan bahwa pada kisaran dosis 30-50 Gy menyebabkan kematian yang tinggi pada tanaman keladi. Seperti dijelaskan pula oleh Wi et al. (2007) iradiasi sinar gamma dengan dosis tinggi (50 Gy) menyebabkan penghambatan pertumbuhan tanaman secara nyata.

Perubahan fenotipe pada tanaman sering kali terlihat setelah pertumbuhan tanaman >3 bulan (Nariah, 2008). Data yang disajikan pada **Tabel**

1 merupakan hasil pengamatan sampai tanaman berumur 90 HST. Selanjutnya untuk menambah keyakinan peneliti, pengamatan di lapangan terus dilakukan sampai tanaman berumur 6 bulan. Hasil pengamatan sampai 6 bulan menunjukkan bahwa tanaman tetap tidak menghasilkan perubahan karakter kuantitatif pada pemberian iradiasi sinar gamma sampai dosis 12 Gy. Hal serupa juga terjadi pada hasil penelitian Aisyah et al. (2009) pada stek tanaman anyelir yang menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan karakter kuantitatif (jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun) yang signifikan pada tanaman anyelir mutan asal stek yang diiradiasi sinar gamma dengan dosis 0-90 Gy sampai umur panen.

Karakter Kualitatif

Tanaman patah tulang Hoya Curly merupakan tanaman yang memiliki warna daun dominan putih dengan akses hijau muda di dekat tulang daunnya, bentuk batang zig-zag tumbuh menjuntai dengan warna batang hijau (**Gambar 2.B.**). Hasil pengamatan warna dan bentuk daun pada tanaman patah tulang Hoya Curly menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi

memberikan pengaruh perubahan warna dan bentuk daun. Pada akhir waktu yang diharapkan sesuai dengan rencana penelitian di November 2022, tidak menunjukkan perubahan karakter kualitatif pada semua perlakuan. Satu tahun kemudian yaitu pada November 2023, pengamatan menunjukkan bahwa terjadi beberapa variasi karakter kualitatif yang menunjukkan perubahan fenotipe yaitu pada perlakuan 4 Gy dan 10 Gy, berbeda dengan 0 Gy (**Gambar 2.B.**) maupun tanaman aslinya (**Gambar 2.A.**).

Pada perlakuan 4 Gy muncul fenotipe yang berbeda, daun lebih kecil, warna daun dan batang berubah hijau kembali (**Gambar 3.A** dan **4.A.**) seperti warna asli *E. tirucalli* (**Gambar 2.A.**). Perlakuan 10 Gy tepi daun rata atau sedikit keriting, tangkai daun lebih panjang, dan ukuran daun lebih besar (**3.B.** dan **4.B.**) dibanding 4 Gy (**Gambar 3.A.** dan **4.A.**) maupun 0 Gy (**Gambar 3.C.** dan **4.C.**). Fenotipe morfologi dari 4 Gy dan 10 Gy tetap menjuntai seperti tanaman pada 0 Gy (**Gambar 2.B.**).



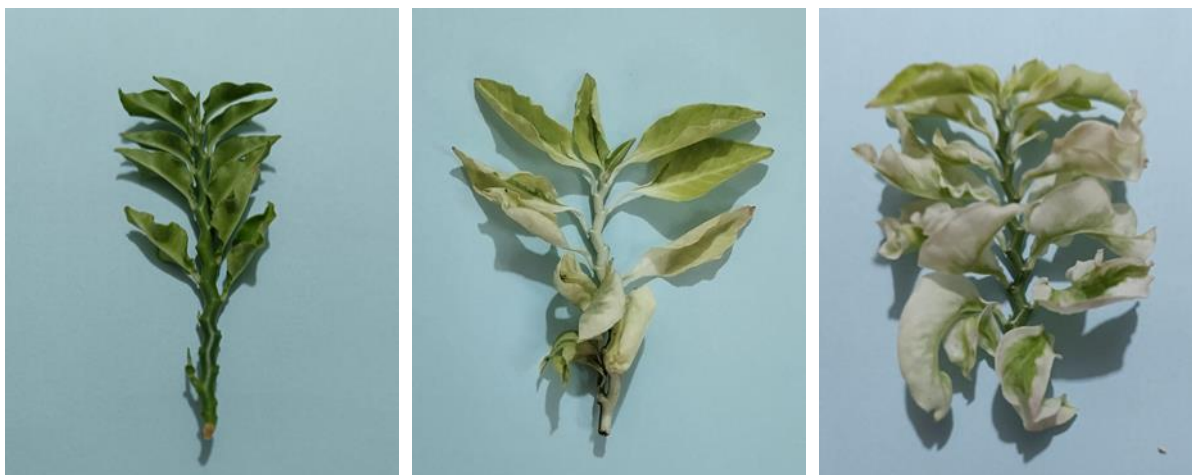
Gambar 2. Morfologi tanaman asli *E. tirucalli* (A) dan *E. tirucalli* Hoya Curly (B)

Keragaman yang terjadi pada parameter kualitatif diakibatkan oleh iradiasi gamma yang merusak sel dan jaringan tanaman patah tulang Hoya Curly secara acak dan menyebabkan

pertumbuhan abnormal pada tanaman yang diiradiasi. Cahyo dan Dinarti (2015) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan perubahan morfologi daun

terutama bentuk daun karena berkembangnya sel mutan yang menyimpang menjadi jaringan dan organ yang berbeda dari sel induknya, sedangkan menurut Datta (2012) gangguan fisiologi pada sintesis klorofil mengakibatkan perubahan warna pada daun. Thilagavathi dan

Mullainathan (2011) menyatakan bahwa tingkat iradiasi yang diberikan akan berdampak pada terjadinya perubahan komponen penting tanaman yang menyebabkan perubahan morfologi, anatomi, biokimia dan fisiologi tanaman.



Gambar 3. Keragaan fenotipik tanaman patah tulang Hoya Curly hasil iradiasi sinar gamma dengan dosis 4 Gy (A), 10 Gy (B), dan 0 Gy (Kontrol) (C).



Gambar 4. Warna dan bentuk daun tanaman patah tulang Hoya Curly hasil iradiasi sinar gamma 4 Gy (A), 10 Gy (B), dan 0 Gy (Kontrol) (C).

SIMPULAN

Pada hasil pengamatan, semakin tinggi dosis iradiasi menunjukkan penurunan persentase hidup stek tanaman patah tulang kriwil (*E. tirucalli*) Hoya Curly. Iradiasi sinar gamma dengan perlakuan dosis 2-12 Gy pada pengamatan jangka pendek 3-6 bulan belum menunjukkan perubahan karakter kuantitatif maupun kuantitatif yang berarti, namun setelah kurang lebih satu tahun menunjukkan variasi karakter kualitatif tanaman patah tulang kriwil (*E. tirucalli*) Hoya Curly. Perubahan kualitatif

terjadi pada dosis 4 Gy dan 10 Gy. Pada dosis 4 Gy perubahan terjadi pada ukuran daun lebih kecil, warna daun dan batang menjadi hijau, namun bentuk daun tetap keriting dan batang menjuntai seperti kontrol. Perubahan pada 10 Gy, daun tepi rata atau sedikit keriting, tangkai daun lebih panjang, ukuran daun lebih besar, namun warna tetap putih kehijauan dan batang tetap menjuntai seperti kontrol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor dan LPPM UMJ atas pendanaan dan fasilitas untuk sehingga penelitian dapat dilaksanakan. Terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Pertanian dan Program Studi Agroteknologi atas dukungan fasilitas *nursery* sehingga penelitian ini berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Kamaruddin, N. Y., dan Harun, A. R. (2018). The Effect of Gamma Radiation on Plant Morphological Characteristics of *Zingiber officinale* Roscoe. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 8(5), 2085–2091.
- Aisyah, S. I., Aswidinnoor, H., Saefuddin, A., Marwoto, B., dan Sastrosumarjo, S. (2009). Induksi Mutasi pada Stek Pucuk Anyelir (*Dianthus ceryophyllus* Linn.) melalui Irradiasi Sinar Gamma. *J. Agron. Indonesia*, 37(1), 62–70.
- Cahyo, F. A., dan Dinarti, D. (2015). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap pertumbuhan Protocorm Like Bodies Anggrek *Dendrobium lasianthera* (J.J. Smith) secara In Vitro. *J. Hort. Indonesia*, 6(3), 177–186.
- Damayanti, F., Roostika, I., dan Samsurianto. (2011). Induksi Keragaman Somaklonal Pada Tunas Kantong Semar (*Nepenthes* spp.) dengan Radiasi Sinar Gamma Secara in Vitro. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-Batan*. Bandung.
- Datta, S. K. (2012). Success Story of Induced Mutagenesis for Development of New Ornamental Varieties. *Biodiversity and Bioavailability*, 6(2), 15–26.
- Dwimahyani, dan Widiarsih, S. (2010). *The Effects of Gamma Irradiation on the Growth and Propagation of In-Vitro Chrysanthemum Shoot Explants*. Jakarta: Center for Application of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency.
- El-Khateeb, M. A., Abdel-Ati, K. E. A., dan Khalifa, M. A. S. (2016). Effect of Gamma Irradiation on Growth Characteristics, Morphological Variations, Pigments and Molecular Aspects of *Philodendron scandens* Plant. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 5(1), 6–13.
- Handayati, W. (2013). Perkembangan Pemuliaan Mutasi Tanaman Hias di Indonesia. *J. Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi - A Scientific Journal for The Applications of Isotopes and Radiation*, 9(1), 67–80.
- Kolar, F., Pawar, N., dan Dixit, G. (2011). Induced chlorophyll mutations in *Delphinium malabaricum* (Huth) Munz. *Journal of Applied Horticulture*, 13(1), 18–24.
- Monikasari, I. N. S., Anwar, S., dan Kristantanto, B. A. (2018). Keragaman M1 Tanaman Hias Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.) Akibat Iradiasi Sinar Gamma. *J. Agro Complex*, 2(1), 1–11.
- Mullainathan, L., Aruldoss, T., dan Velu, S. (2014). Cytological Studies in Cluster Bean by the Application of Physical and Chemical Mutagens (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *International Letters of Natural Sciences*, 16, 35–40.
- Munawaroh, E., Yuzammi, S. M., Solihah, dan Suhendar. (2017). *Koleksi Kebun Raya Liwa, Lampung: Tumbuhan Berpotensi sebagai Tanaman Hias*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Nariah, F. (2008). *Pengaruh Mutasi Fisik Melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaan *Caladium* spp.* Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Oktavina, Z. (2011). *Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan Anggrek Hibrid *Dendrobium schulerii* x *May Neal Wrap* secara In Vitro*. Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Ramazan, B., dan Yildiz, M. (2017). The Use of Gamma Irradiation in Plant Mutation Breeding. In: Juric, S. (Ed.) *Plant Engineering*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69974>
- Rashid, K., Daran, A. B. M., Nezhadahmadi, A., Zainoldin, K. H., Azhar, S., dan Efzueni, S. (2013). The Effect of Using Gamma Rays on Morphological Characteristics of Ginger (*Zingiber officinale*) Plants. *Life Science Journal*, 10(1), 1538–1545.
- Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purmaningsih, R., dan Sudarmanowati, E.

- (2015). Pengaruh Irradiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Kalus dan Tunas Tanaman Gandum (*Triticum aestivum* L.). *Ilmu Pertanian*, 18(1), 45–50.
- Soedjono, S. (2003). Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan Tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(2), 70–78.
- Thilagavathi, C., dan Mullainathan, L. (2011). Influence of Physical and Chemical Mutagens on Quantitative Characters of *Vigna mungo* (L. Hepper). *Internasional Multidisciplinary Research Journal*, 1(1), 6–8.
- Wi, S. G., Chung, B. Y., Kim, J. S., Kim, J. H., Baek, M. Y., Lee, J. W., dan Kim, Y. S. (2007). Effects of Gamma Irradiation on Morphological Changes and Biological Responses in Plants. *Micron*, 38(6), 553–564.
- Xiong, J., Ding, J., dan Li, Y. (2015). Genome-editing Technologies and Their Potential Application in Horticultural Crop Breeding. *Horticulture Research*, 2, 1–10.
- Yunita, R., Khumaida, N., Sopandie, D., dan Mariska, I. (2014). Pengaruh Iradiasi Sinar Gama terhadap Pertumbuhan dan Regenerasi Kalus Padi Varietas Ciherang dan Inpari 13. *Jurnal AgroBiogen*, 10(3), 101–108.