

Efek Radiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Vegetatif Anggrek Vanda Hibrid

Effects of Gamma Ray Radiation on the Vegetative Growth of the Vanda Hybrid Orchid

Sri Hartati^{1,2*}, Abednego Widya Setiawan¹, Trijono Djoko Sulistyo¹

¹Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sebelas Maret, Surakarta Central Java 57126, Indonesia

²Center for Research and Development of Biotechnology and Biodiversity, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java 57126, Indonesia

Received 13 September 2021; Accepted 28 December 2022; Published 31 December 2022

ABSTRACT

Orchids are one of the most important ornamental plants in the world. The existence of natural orchids in their habitat is approaching extinction rate, so it is necessary to increase the diversity of orchids by crossing them. The Vanda orchid is one of the famous orchids in Indonesia because of its uniqueness. Vanda orchids have a very abundant diversity, so they can increase the potential of orchid plants. This study used a hybrid orchid plant *Vanda celebica* x *Vanda dearei* irradiated by Gamma-rays with a dose of 0 Gray, 10 Gray, 20 Gray, 30 Gray, 40 Gray, and 50 Gray. The data obtained from the observations will be analyzed using descriptive methods by observing each plant in various doses of Gamma-ray radiation compared with control treatment and presented in the form of boxplot images. The irradiation dose of hybrid Vanda orchids (*Vanda celebica* x *Vanda dearei*) increased the diversity in the parameters of plant height and leaf width. The application of a dose of Gamma-ray irradiation did not cause a significant interaction with the variable number of leaves. The diversity value decreased in the parameters of leaf length and number of roots. Application doses of Gamma-ray irradiation of 10, 20, and 30 Gray can change the leaves into grooves compared to control plants. Mutant plants had lower chlorophyll content than control plants (0 Gray).

Keywords: Boxplot; *Vanda celebica*; *Vanda dearei*; Diversity; Mutation

Cite this as (CSE Style): Hartati S, Setiawan AW, Sulistyo TD. 2022. Efek radiasi sinar Gamma pada pertumbuhan vegetatif anggrek Vanda hibrid. *Agrotechnology Res J.* 6(2):80–86. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v6i2.55008>.

PENDAHULUAN

Anggrek Vanda merupakan salah satu anggrek yang potensial, namun kajian mengenai anggrek ini masih sangat terbatas, hal tersebut dipandang penting untuk melakukan penelitian mengenai anggrek Vanda. Banyak spesies anggrek yang punah akibat habitat tanaman yang terganggu. Menurut [Dehgahi dan Joniyasa \(2017\)](#), anggrek merupakan salah satu tanaman hias yang memiliki nilai estetika tinggi, karena memiliki ciri warna dan bentuk bunga yang unik, sehingga menjadi daya tarik tersendiri dibanding varietas tanaman hias lainnya. Secara teoritis pemuliaan mampu merekayasa atau mengubah varietas sesuai dengan yang diharapkan ([Taryono 2016](#)). Karakterisasi morfologi diperlukan untuk pelestarian plasma nutfah di Indonesia. Menurut [Hartati dan Darsana \(2015\)](#), karakterisasi morfologi

anggrek dilakukan untuk memperoleh ragam plasma nutfah anggrek alam yang memiliki sifat-sifat unggul untuk dijadikan tetua dalam hibridisasi/persilangan.

[Hartati dan Darsana \(2015\)](#) menyatakan bahwa identifikasi morfologi merupakan salah satu cara untuk mengetahui hubungan kekerabatan suatu spesies. Sehingga karakterisasi berdasarkan struktur morfologinya perlu dilakukan pada tanaman hias seperti anggrek. Proporsi tanaman anggrek yang melakukan penyerbukan sendiri sekitar 5-20% dari total spesies anggrek ([Shidiqy et al. 2018](#)). Daun pada anggrek memiliki beberapa variasi, hal ini sesuai dengan ([Mujafar et al. 2013](#)) yang menyatakan bahwa tanaman anggrek memiliki beberapa tipe daun yaitu oblong, lonjong, lanset, pita (linear) dan bulat telur (ovate). Keberadaan dari anggrek alam dalam habitatnya mendekati angka kepunahan, sehingga diperlukan penambahan keragaman anggrek dengan dilakukan persilangan ([Hartati et al. 2019](#)). Salah satu jenis anggrek yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat adalah anggrek genus Vandaceous. Anggrek Vanda ditemukan oleh William Roxburgh pada tahun 1795 ([Karyanti 2017](#)).

*Corresponding Author:
E-Mail: tatik_oc@yahoo.com

Kasutjaningati dan Firgiyanto (2018) menyatakan bahwa perkembangan anggrek vanda di Indonesia masih sangat terbatas karena anggrek Vanda yang dijual di pasar merupakan hasil dari hutan secara langsung. Kondisi ini dikhawatirkan akan berdampak pada pelestarian anggrek Vanda. Budidaya anggrek secara tradisional terbukti cukup sulit untuk dilakukan, sehingga perlu adanya perkembangan teknologi perlindungan anggrek yang sebenarnya adalah bentuk pelestarian plasma nutfah (Dehgahi dan Joniyasa 2017).

Sinar Gamma merupakan salah satu mutagen fisik yang digunakan dalam teknik mutagenesis tanaman. Menurut Devy dan Sastra (2006), sinar radioaktif apabila mengenai jaringan tanaman akan menimbulkan ionisasi molekul air, kemudian akan mengoksidasi gula dalam DNA sehingga rangkaian nukleotidnya akan putus. Mutasi dapat menghasilkan fenotip di setiap sifat vegetatif dan reproduktif dan teknik ini khususnya bermanfaat bagi perkembangan anggrek karena faktanya sangat heterozigot dan beragam secara genetik (Billore et al. 2019). Pada penelitian sebelumnya dengan radiasi sinar Gamma pada dosis 10 Gy, 15 Gy, 20 Gy, dan 25 Gy menghasilkan keragaman pada generasi M1 Anggrek *Dendrobium odoardi* (Fathin et al. 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan vegetatif anggrek Vanda Hibrid (*Vanda celebica* x *Vanda dearei*) dari berbagai dosis iradiasi sinar Gamma. Dari penelitian ini akan diperoleh Mutan hasil radiasi sinar Gamma.

BAHAN DAN METODE

Penelitian efek radiasi sinar Gamma pada pertumbuhan vegetatif anggrek vanda hibrid (*Vanda celebica* x *Vanda dearei*) dilakukan pada bulan Agustus 2020 hingga bulan Januari 2021 yang bertempat di Kampung Anggrek, Desa Plosorejo, Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Perancangan penelitian yang dilakukan adalah rancangan dengan faktor tunggal. Alat yang digunakan adalah alat tulis, meteran, spektrofotometer, cuvet, mortar, Erlenmeyer, pipet, dan MCC (*Munsell Color Chart*). Bahan yang digunakan adalah tanaman anggrek hibrid, persilangan *Vanda celebica* dan *Vanda dearei* dari hasil radiasi sinar Gamma (0 Gray, 10 Gray, 20 Gray, 30 Gray, 40 Gray, dan 50 Gray), pupuk gaviota 67, antracol, pot, arang kayu, cacahan pakis, paranet, aceton 80%, dan kertas saring. Cara kerja yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan lahan, penggantian media, dan pemeliharaan.

Parameter pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: tinggi tanaman, pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap satu minggu sekali dengan mengukur batang paling bawah hingga percabangan teratas (batas pengukuran dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang); jumlah daun, penghitungan jumlah daun dilakukan setiap satu minggu sekali; panjang daun, pengukuran panjang daun dilakukan setiap satu minggu sekali dengan mengukur panjang daun yang telah ditentukan pada awal penelitian; lebar daun, pengukuran lebar daun dilakukan setiap satu minggu sekali pada daun yang telah ditentukan pada awal penelitian dengan mengukur lebar pada tengah daun; jumlah akar, Khusus pengukuran jumlah akar

dilakukan pada awal penanaman dan minggu terakhir pengamatan dengan cara mengeluarkan anggrek dari media tanam dan menghitung jumlah akar yang tumbuh.

Data hasil pengamatan yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode deskriptif dengan mengamati setiap individu tanaman dalam berbagai dosis sinar radiasi sinar Gamma dengan perlakuan kontrol, dan disajikan dalam bentuk gambar *boxplot* untuk variabel kuantitatif dan tabel untuk variabel kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi tanaman. Pertambahan tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman dapat mengalami perubahan akibat pemberian iradiasi sinar Gamma. Hasil pengukuran tinggi tanaman menunjukkan bahwa sebaran data paling luas terdapat pada tanaman anggrek dengan perlakuan kontrol (0 Gray) (*Gambar 1*).

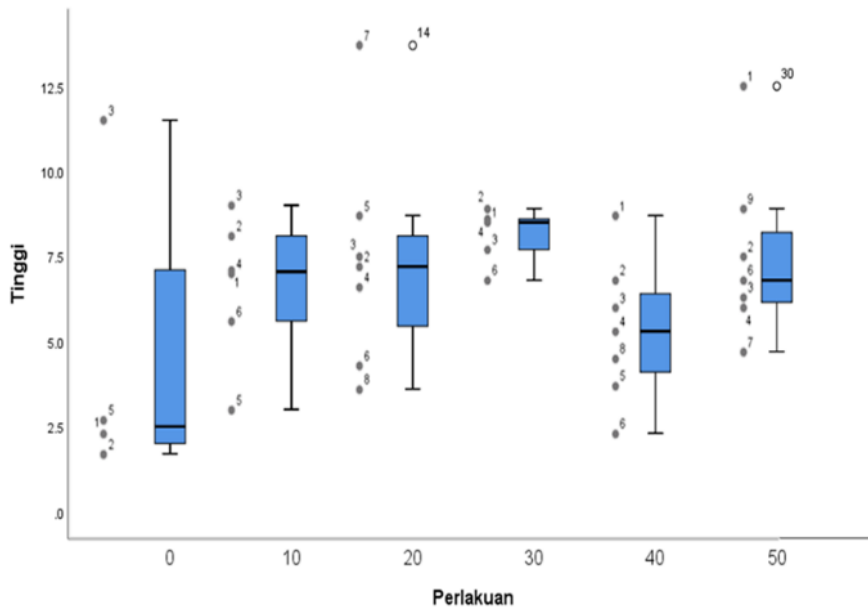
Rentang batang *boxplot* menentukan luas sebaran data, semakin panjang rentang batang *boxplot* maka semakin luas sebaran data yang ada, sehingga keragaman yang dihasilkan semakin tinggi. Terdapat nilai outlier (pencilan) pada dosis iradiasi sinar Gamma 20 Gray pada galur U7 dengan pertambahan tinggi tanaman 13,7 cm dan dosis iradiasi sinar Gamma 50 Gray galur U1 dengan pertambahan tinggi 12,5 cm. Outlier merupakan data yang memiliki nilai berbeda (lebih besar atau lebih kecil) dari sebaran data yang ada sehingga menyebabkan perbedaan dari data lainnya.

Menurut Mujar et al. (2014), Pertambahan tinggi tanaman berkaitan dengan proses pembelahan dan pemanjangan sel (fase fisiologi). Tanaman dengan perlakuan radiasi memiliki rata-rata pertambahan tinggi yang lebih tinggi namun memiliki sebaran relatif lebih sempit dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan. Pertambahan tinggi tanaman berkaitan dengan proses pembelahan dan pemanjangan sel (fase fisiologi). Radiasi sinar Gamma dapat memberikan pengaruh terhadap metabolisme sel meristem dan sintesis protein. Hal ini sesuai dengan pendapat Nurrachmamila dan Saputro (2017) yang menyatakan bahwa iradiasi sinar Gamma mampu membentuk radikal bebas yang dapat bereaksi dengan molekul organik seperti protein, lipid dan asam nukleat, sehingga kan mengganggu metabolisme sel yang diiradiasi. Menurut Fathin et al. (2021), dosis iradiasi sinar Gamma yang tepat dapat menstimulasi pertumbuhan tinggi tanaman sehingga menghasilkan tanaman yang cenderung lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa radiasi. Radiasi sinar Gamma dapat menginduksi stimulasi pertumbuhan dengan mengubah sinyal hormon dalam sel tanaman atau dengan meningkatkan kemampuan faktor stres tanaman (Singh et al. 2019).

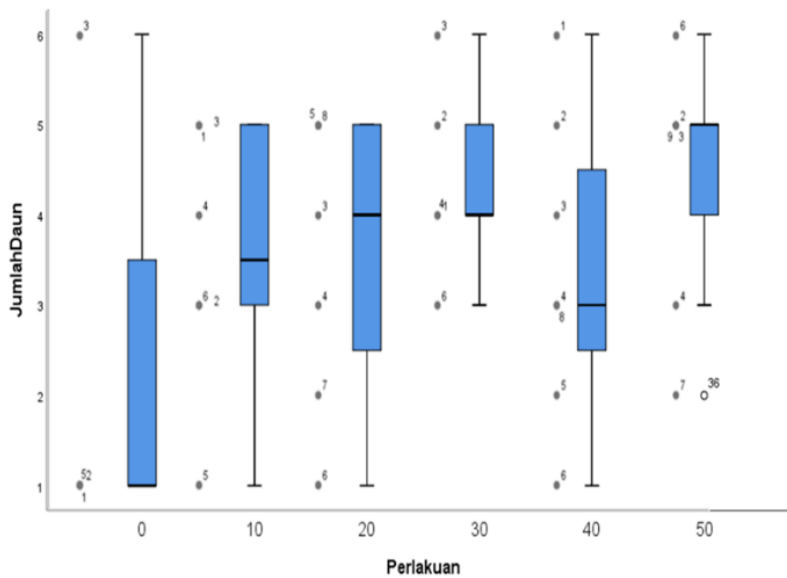
Jumlah daun. Kriteria daun yang dihitung adalah daun segar yang tumbuh mulai dari kuncup hingga yang telah membuka sempurna. Pemberian dosis iradiasi sinar Gamma tidak menyebabkan perubahan yang nyata terhadap peubah jumlah daun. Berdasarkan hasil pengamatan pertambahan jumlah daun menunjukkan bahwa rentang batang *boxplot* pada perlakuan kontrol (0 Gray) memiliki rentang batang yang tidak jauh berbeda dengan rentang batang perlakuan lainnya (*Gambar 2*).

Dibandingkan dengan tanaman yang mendapat perlakuan lain, perlakuan dengan dosis radiasi Gamma abu-abu 30 dan 50 memiliki nilai keragaman yang lebih sempit, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai keragaman pada jumlah daun dapat menurun akibat adanya pemberian dosis iradiasi. Menurut [Srivastava et al. \(2018\)](#), induksi mutasi oleh mutagen sinar Gamma dapat menghasilkan karakteristik yang tidak terduga atau acak.

Iradiasi sinar Gamma dapat menyebabkan aberasi kromosom (pecahnya benang kromosom) tumbuhan. Hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti daya tumbuh bakal daun ([Lestari et al. 2018](#)). Penurunan jumlah daun secara signifikan akibat radiasi sinar Gamma juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh [Oktavina \(2011\)](#) pada anggrek hibrid *D. schulerii* x *may neal* wrap.



Gambar 1. Pertambahan tinggi tanaman anggrek Vanda Hibrid akibat radiasi sinar Gamma



Gambar 2. Pertambahan jumlah daun anggrek vanda hibrid akibat radiasi sinar Gamma

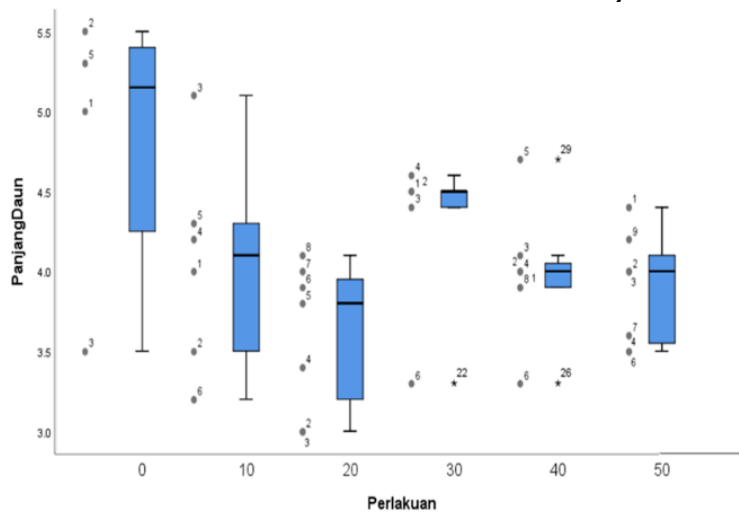
Panjang daun. Salah satu indikator yang menunjukkan keragaman morfologi tanaman adalah panjang daun. Panjang daun dapat mengalami perubahan akibat adanya pemberian iradiasi sinar gamma. Penurunan nilai keragaman pada panjang daun terjadi akibat pemberian dosis iradiasi sinar gamma. Hal tersebut ditunjukkan dengan rentang batang *boxplot* pada tanaman dengan tanpa perlakuan (kontrol) lebih panjang dibanding dengan perlakuan lain (**Gambar 3**).

Variasi genetik lebih mudah ditemukan dalam pemberian dosis iradiasi sinar gamma yang rendah serta tidak menyebabkan kerusakan kromosom secara drastis, hal ini terjadi juga pada penelitian **Deshmukh dan Malode (2017)** pada *Dianthus caryophyllus*. Pemberian dosis iradiasi sinar gamma yang rendah tidak menyebabkan penurunan keragaman panjang daun sebanyak yang terjadi pada pemberian dosis yang lebih tinggi (**Yadav 2016**). Pada **Gambar 3** menunjukkan adanya nilai *extreme* pada perlakuan dosis iradiasi sinar gamma 30 Gray pada galur U6 dengan pertambahan panjang 3,3 cm

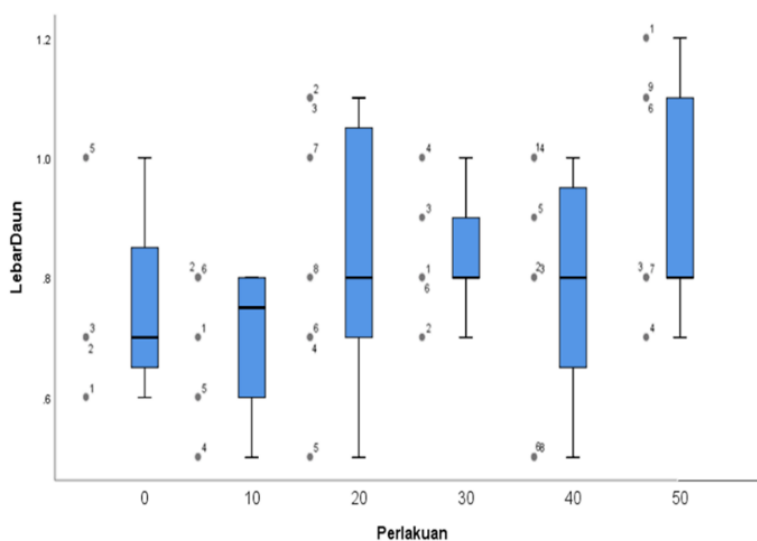
dan dosis iradiasi sinar gamma 40 Gray galur U5 dan U6 dengan pertambahan panjang 4,7 cm dan 3,3 cm.

Hal tersebut sesuai dengan **Hartati et al. (2017)** pada penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa tanaman mutan yang dihasilkan lebih banyak menunjukkan karakter panjang daun yang rendah dibandingkan dengan tanaman kontrol. **Rahman dan Aisyah (2018)** mengatakan bahwa pemberian iradiasi sinar gamma dapat mempengaruhi proses sintesis protein, keseimbangan hormon, dan aktivitas enzim yang memiliki peran untuk metabolisme tanaman sehingga dapat menyebabkan mutasi dan daun berukuran lebih pendek dibandingkan perlakuan tanpa radiasi. Mutasi yang disebabkan iradiasi sinar gamma dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman menjadi lebih cepat maupun lebih lambat.

Lebar daun. Salah satu indikator pertumbuhan tanaman adalah lebar daun, semakin lebar daun maka fotosintesis juga semakin baik. Efisiensi dan efektivitas fotosintesis dapat dipengaruhi dengan karakteristik daun (**Nurmansyah et al. 2020**). Hasil pengamatan lebar daun tanaman disajikan dalam **Gambar 4**.



Gambar 3. Pertambahan panjang daun anggrek vanda hibrid akibat radiasi sinar Gamma



Gambar 4. Pertambahan lebar daun anggrek vanda hibrid akibat radiasi sinar Gamma

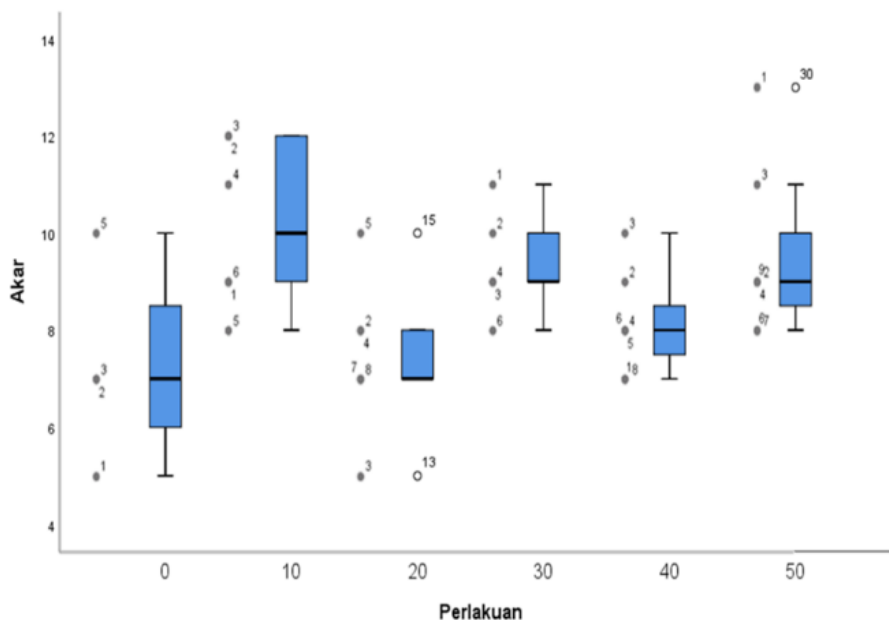
Pemberian mutagen berupa iradiasi sinar Gamma dengan beberapa dosis mengakibatkan terjadinya keragaman yang sedikit lebih luas dibanding dengan tanpa radiasi. Berdasarkan pengamatan pada Gambar 4, terlihat bahwa sebaran data terluas terdapat pada anggrek dengan perlakuan radiasi Gamma 20 Gray. Dosis radiasi Gamma berpengaruh terhadap peningkatan keragaman lebar daun tanaman anggrek. Perubahan lebar daun akibat pemberian iradiasi sinar Gamma dapat mempengaruhi indeks luas daun. Pengaruh iradiasi sinar Gamma yang bersifat acak membuat perubahan ukuran daun dapat menjadi sempit maupun luas dibandingkan tanaman kontrol.

Perlakuan dosis iradiasi sinar Gamma dapat sedikit meningkatkan panjang dan lebar daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol, hal ini juga terjadi pada penelitian Handayati (2013) pada tanaman anggrek *Phalaenopsis amabilis* hasil iradiasi sinar Gamma. Perubahan morfologi tumbuhan akibat radiasi dapat disebabkan oleh interaksi sinar Gamma dengan molekul yang dapat menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas ini memicu terjadinya modifikasi komponen sel yang mengakibatkan adanya perubahan morfologi tanaman.

Jumlah akar. Variabel keragaan vegetatif tanaman dapat ditunjukkan dengan jumlah akar tanaman. Pengamatan jumlah akar dilakukan pada saat awal penelitian. Penurunan nilai keragaman pada jumlah akar terjadi akibat pemberian dosis iradiasi sinar Gamma (Gambar 5). Sinar Gamma merupakan energi pengion tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan molekul DNA dengan cara merusak atau memutus rantai DNA dan

mengganggu komponen DNA, sehingga akibat dari perubahan tersebut dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Gaur et al. 2018). Pada Gambar 5 ditunjukkan terdapat outlier pada pemberian dosis iradiasi sinar Gamma 20 Gray Galur U3 sebanyak 5 akar dan U5 sebanyak 10 akar, dan 50 Gray Galur U1 sebanyak 13 akar. Nilai outlier tidak ditemukan pada perlakuan tanpa iradiasi, iradiasi sinar Gamma dosis 10 Gray, 30 Gray, dan 40 Gray. Iradiasi sinar Gamma dapat memunculkan individu dengan nilai outlier yang memiliki genetik atau sifat yang berbeda dari populasinya. Perubahan ekspresi gen pada suatu populasi dapat disebabkan oleh pemberian iradiasi sinar Gamma (Togatorop et al. 2016). Berdasarkan penelitian (Indahsari dan Saputro 2018), perlakuan dosis iradiasi sinar Gamma dapat menyebabkan nekrosis atau kemarian pada jaringan tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Yunita et al. (2016) yang menyatakan bahwa dosis iradiasi yang tinggi akan mengakibatkan kematian jaringan, sedangkan pemberian dosis iradiasi rendah dapat menyebabkan perubahan abnormal pada fenotipe tanaman.

Yu et al. (2017) menyatakan bahwa dosis radiasi dapat mengubah rasio hormon tanaman auksin terhadap sitokinin sehingga menyebabkan perubahan pola diferensiasi sel. Iradiasi sinar Gamma tidak selalu meningkatkan keanekaragaman tumbuhan, tetapi juga dapat mengurangnya. Radiasi sinar Gamma dan lingkungan dapat membuat tanaman stres dan menghambat pertumbuhan akar. Mutasi karena radiasi Gamma dapat merusak.



Gambar 5. Jumlah akar anggrek vanda hibrid akibat radiasi sinar Gamma

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pemberian berbagai dosis iradiasi sinar Gamma pada Anggrek Vanda Hibrid (*Vanda celebica* x *Vanda dearei*) mampu meningkatkan keragaman pada parameter tinggi tanaman dan lebar daun. Pemberian dosis iradiasi sinar Gamma tidak menyebabkan terjadinya interaksi yang nyata terhadap peubah jumlah daun. Penurunan nilai keragaman terjadi pada parameter panjang daun, dan jumlah akar. Penelitian ini merupakan proses pemuliaan mutasi anggrek Vanda hibrid yang hanya meliputi fase vegetatif. Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini yaitu perlu dilakukannya penelitian lanjutan pada saat fase generatif untuk mengetahui bunga yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Billore V, Mirajkar SJ, Suprasanna P, Jain M. 2019. Gamma irradiation induced effects on in vitro shoot cultures and influence of monochromatic light regimes on irradiated shoot cultures of *Dendrobium sonia* orchid. *Biotechnol Reports*. 22:e00343. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00343>.
- Dehghi R, Joniyasa A. 2017. Gamma Irradiation-Induced Variation in *Dendrobium Sonia*-28 Orchid Protocorm-Like Bodies (PLBs). *Fungal Genomics Biol*. 07(02):1000151. <https://doi.org/10.4172/2165-8056.1000151>.
- Deshmukh P, Malode S. 2017. Review of research on *Dendrobium sonia*-28, a hybrid from Orchidaceae family and mutation as somaclonal variation. *Int J Biosci*. 10(06):29–47. <https://doi.org/10.12692/ijb/10.6.29-47>.
- Devy L, Sastra DR. 2006. Pengaruh radiasi sinar Gamma terhadap kultur in Vitro tanaman jahe. *J Sains dan Teknol Indones*. 8(1):7–14.
- Fathin TS, Hartati S, Yunus A. 2021. Diversity induction with gamma ray irradiation on *Dendrobium odoardi* orchid. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 637(1):012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012035>.
- Gaur AK, Singh I, Singh S, Reddy KS. 2018. Studies on effects of Gamma ray doses on germination in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] under laboratory and field conditions Studies on effects of Gamma ray doses on germination in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh] under laborat. *Int J Chem Stud*. 6(4):1975–1977.
- Handayati W. 2013. Perkembangan pemuliaan mutasi tanaman hias di Indonesia. *J Ilm Apl Isot dan Radiasi*. 9(1):67–80.
- Hartati S, Darsana L. 2015. Karakterisasi anggrek alam secara Morfologi dalam rangka pelestarian Plasma Nutfah. *J Agron Indones*. 43(2):133–139. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i2.10419>.
- Hartati S, Muliawati ES, Pardono P, Cahyono O, Yuliyanto P. 2019. Morphological characterization of *Coelogyne* spp for germplasm conservation of orchids. *Rev Ceres*. 66(4):265–270. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201966040004>.
- Hartati S, Yunus A, Nugroho F. 2017. Keragaan anggrek persilangan ♀ *Vanda celebica* X ♂ *Vanda dearei* hasil iradiasi sinar Gamma. *Agrotechnology Res J*. 1(1):7–12. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v1i1.18846>.
- Indahsari D, Saputro TB. 2018. Analisis morfologi dan profil protein kedelai varietas grobogan hasil iradiasi pada kondisi cekaman genangan. *J Sains dan Seni ITS*. 7(2):2337–3520. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.37346>.
- Karyanti K. 2017. Pengaruh beberapa jenis sitokinin pada multiplikasi tunas anggrek Vanda douglas secara in vitro. *J Bioteknol dan Biosains Indones*. 4(1):36–43. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v4i1.2200>.
- Kasutjiani K, Firgiyanto R. 2018. Characterization of morphology from orchid *Vanda* sp. as a genetic information source for preservation and agribusiness of orchids in Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 207(1):012006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/207/1/012006>.
- Lestari EP, Yunus A, Sugiyarto S. 2018. Pengaruh morfologi Anggrek *Dendrobium sylvanum* dan Anggrek *Phalaenopsis* sp. dengan pemberian iradiasi sinar Gamma. In: Khasanah LU, Septariani DN, Wati AK, Sanjaya AP, editor. Peran keanekaragaman hayati dalam mendukung Indonesia sebagai lumbung pangan dunia. *Prosiding Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42 Tahun 2018*; 18-19 April 2018; Surakarta, ID. Vol. 2. Surakarta (ID): FP UNS. hal. 143–152.
- Mujafar S, Mishra S, Deoda VS, Moinuddin S, Mutakim S. 2013. Orchid species diversity of East Nimar. *Int J Plant, Anim Environmental Sci*. 3(4):222–230.
- Mujar EK, Sidik NJ, Sulong NA, Jaapar SS, Othman MH. 2014. Effect of low Gamma radiation and methyl jasmonate on *Vanilla planifolia* tissue culture. *Int J Pharm Sci Rev Res*. 27(1):163–167.
- Nurmansyah, Alghamdi SS, Migdadi HM. 2020. Morphological diversity of faba bean (*Vicia faba* L.) M2 mutant populations induced by Gamma radiation and diethyl sulfate. *J King Saud Univ - Sci*. 32(2):1647–1658. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.12.024>.
- Nurrachmamilia PL, Saputro TB. 2017. Analisis daya perkecambahan padi (*Oryza sativa* L.) varietas Bahbutong hasil iradiasi. *J Sains dan Seni ITS*. 6(2):2337–2342. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.23952>.
- Oktavina ZS. 2011. Pengaruh iradiasi sinar Gamma terhadap pertumbuhan anggrek hibrid *Dendrobium schulerii* x may neal wrap secara in vitro [skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Rahman QK, Aisyah SI. 2018. Induksi mutasi fisik pada paku bintik (*Microsorium punctatum*) melalui Iradiasi Sinar Gamma. *Bul Agrohorti*. 6(3):422–429. <https://doi.org/10.29244/agrob.v6i3.21112>.

- Shidiqy HA, Wahidah BF, Hayati N. 2018. Karakterisasi morfologi Anggrek (Orchidaceae) di hutan kecamatan Ngaliyan Semarang. *Al-Hayat J Biol Appl Biol.* 1(2):94–98. <https://doi.org/10.21580/ah.v1i2.3761>.
- Singh PK, Sadhukhan R, Kumar V, Sarkar HK. 2019. Gamma rays and EMS induced chlorophyll mutations in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Int J Bio-resource Stress Manag.* 10(2):113–118. <https://doi.org/10.23910/ijbsm/2019.10.2.1940b>.
- Srivastava D, Gayatri MC, Sarangi SK. 2018. In vitro mutagenesis and characterization of mutants through morphological and genetic analysis in orchid *Aerides crispa* Lindl. *Indian J Exp Biol.* 56(6):385–394.
- Taryono. 2016. Pengantar bioteknologi untuk pemuliaan tanaman. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Press.
- Togatorop ER, Aisyah SI, Damanik MRM. 2016. Pengaruh mutasi fisik iradiasi sinar Gamma terhadap keragaman genetik dan penampilan *Coleus blumei*. *J Hortik Indones.* 7(3):187–194. <https://doi.org/10.29244/jhi.7.3.187-194>.
- Yadav V. 2016. Effect of Gamma radiation on various growth parameters and biomass of *Canscora decurrens* Dalz. *Int J Herb Med.* 4(5):109–115.
- Yu Y, Oo N, Su C, Kyaw KT. 2017. Extraction and determination of chlorophyll content from microalgae. *Ijarp.* 1(5):298–301.
- Yunita R, Khumaida N, Sopandie D, Mariska I. 2016. Pengaruh iradiasi sinar gama terhadap pertumbuhan dan regenerasi Kalus padi varietas Ciherang dan Inpari 13. *J AgroBiogen.* 10(3):101–108. <https://doi.org/10.21082/jbio.v10n3.2014.p101-108>.