

**Perubahan Morfologi dan Pertumbuhan Handeuleum
(*Graptophyllum pictum* L. Griff) akibat Iradiasi Sinar Gamma**

***Morphological Changes and Growth of Handeuleum
(*Graptophyllum pictum* L. Griff) due to Gamma Ray Irradiation***

Arrin Rosmala¹, Nurul Khumaida^{2*}, dan Dewi Sukma²

¹FP Coca-cola Foundation Indonesia, Jl. Cibitung I No. 8, Petogogan, Jakarta Selatan 12170, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 27 Februari 2015/Disetujui 10 Agustus 2015

ABSTRACT

Handeuleum (Graptophyllum pictum L.Griff) is a medicinal plant widely used as a traditional medicine due to its beneficial content. Therefore, it should be developed as one of the leading Indonesian medicinal plants. The purpose of this research was to study the effect of gamma ray irradiation on morphological alteration and growth of Handeuleum accession from Bogor. The doses of gamma rays were 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, and 105 Gy. The results of the research showed that gamma-ray irradiation induced morphological changes and influences the growth of Handeuleum. Irradiation dose at rate of 105 Gy produced new leaf morphology in Handeuleum, namely cordate. Doses of 60, 75, 90, and 105 Gy produce stunted plants with stiff and yellowish-green leaves. The dose of 45 Gy produced relative green color index which was higher than the control plants.

Keywords: handeuleum, gamma irradiations

ABSTRAK

Handeuleum (Graptophyllum pictum L.Griff) merupakan tanaman obat yang banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional karena kandungannya yang bermanfaat sehingga layak dikembangkan sebagai salah satu tanaman obat unggulan Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh dosis iradiasi sinar gamma terhadap perubahan morfologi dari pertumbuhan stek pucuk handeuleum aksesori Bogor. Dosis sinar gamma yang digunakan adalah 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, dan 105 Gy. Hasil penelitian menunjukkan iradiasi sinar gamma menyebabkan perubahan morfologi, serta mempengaruhi pertumbuhan tanaman handeuleum. Iradiasi sinar gamma dosis 105 Gy menghasilkan morfologi daun baru, yaitu cordate. iradiasi sinar gamma dosis 60, 75, 90, dan 105 Gy menyebabkan pertumbuhan tanaman yang terhambat, perubahan warna daun yaitu hijau kekuningan dan tekstur daun menjadi kaku. Iradiasi sinar gamma dengan dosis 45 Gy menghasilkan indeks warna hijau relatif daun lebih besar daripada tanaman kontrol.

Kata kunci: handeuleum, iradiasi sinar gamma

PENDAHULUAN

Handeuleum (*Graptophyllum pictum* L. Griff.) telah lama dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk menyembuhkan berbagai macam penyakit. Orang Sunda menggunakannya untuk mencegah infeksi setelah melahirkan, mengembalikan stamina, menormalkan kembali ukuran rahim, membersihkan rahim dari darah putih, merangsang produksi ASI, dan mengurangi berat badan (Bermawie *et al.*, 2006).

Kearifan lokal penggunaan obat ini sebagai obat tradisional juga dilaporkan di Pangalengan Jawa Barat sebagai obat wasir; di Maluku handeuleum yang dikenal sebagai alifuru dimanfaatkan sebagai obat bisul, darah tinggi, rematik, dan lain-lain; dan masyarakat Papua menggunakan handeuleum untuk mengatasi penyakit ulu hati, diabetes, dan batu ginjal (Khumaida *et al.*, 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa handeuleum aksesori Bogor memiliki kandungan fitokimia tinggi yang berguna untuk pengobatan.

Iradiasi sinar gamma dapat menghasilkan radikal bebas dan energi mengakibatkan terjadinya perubahan konstitusi genetik dalam sel. Pengamatan perubahan

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: nkhumaida@yahoo.com

morfologi tanaman berupa terhambatnya pertumbuhan serta terjadinya kimera dan variegata. Aisyah *et al.* (2009) dalam penelitiannya mengamati terjadinya kimera sektoral pada satu tanaman anyelir yang diiradiasi sinar gamma dosis 15 Gy. Minisi *et al.* (2013) meneliti benih *Moluccella laevis* L. yang diiradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, dan 20 Kr memperlihatkan perubahan pada daya berkecambah, persentase hidup, pertumbuhan dan variasi morfologi.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh dosis iradiasi sinar gamma terhadap morfologi serta pertumbuhan stek pucuk handeuleum aksesori Bogor.

BAHAN DAN METODE

Aplikasi iradiasi dilakukan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) BATAN, Pasar Jumat, Jakarta. Pengamatan karakter pertumbuhan tanaman dan morfologi dilakukan di kebun percobaan Cikabayan, *University Farm* (UF), IPB. Tanaman yang digunakan berasal dari perbanyakan stek handeuleum aksesori Bogor yang mempunyai kandungan fitokimia yang tinggi (Khumaida *et al.*, 2008). Stek dengan panjang 3 (tiga) ruas ditanam pada polibag dengan media tanam menggunakan tanah: kompos dengan perbandingan 2 : 1 (v/v). Stek pucuk yang sudah berakar dan memiliki daun baru dengan tinggi sekitar 15 cm digunakan sebagai bahan percobaan yang akan diiradiasi. Stek kemudian dicabut dengan hati-hati dari media, dibersihkan dari tanah, lalu akarnya dibungkus dengan aluminium foil. Stek diiradiasi menggunakan sinar gamma (Cobalt-60), memakai alat *irradiator gamma chamber* 4000A, tipe Irpasena buatan India.

Stek yang telah diiradiasi langsung ditanam pada media baru, ditumbuhkan di bawah kubung kecil selama kurang lebih dua bulan. Stek berumur dua bulan selanjutnya dipindah tanam ke polibag yang lebih besar berdiameter 15 cm dan dipelihara di lapang dengan naungan paranet 55%. Penyemprotan pestisida dilakukan untuk menghindari serangan hama dan penyakit. Selama perawatan tanaman disiram 2 (dua) kali sehari, diberi pupuk daun setiap satu minggu sekali, dan dipupuk dengan NPK sebulan sekali sebanyak 4 g per polibag dengan perbandingan komposisi N:P:K = 15:15:15.

Pengamatan dilakukan pada karakter yang diduga berkaitan dengan keragaman tanaman yang diinduksi oleh iradiasi sinar gamma, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang dan lebar daun, indeks warna hijau relatif daun, warna daun, warna batang, dan tekstur daun, diukur berdasarkan nilai skoring. Indeks warna hijau relatif daun, diamati menggunakan klorofilmeter Minolta SPAD 502. Skoring warna daun dan batang: 5=ungu, 3=ungu kehijauan, 1=hijau. Skoring tekstur daun: 3=lentur, 1=keras/kaku. Data pertumbuhan, morfologi daun diuji menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf nyata (α) 1% dan 5% dengan menggunakan program SAS. Apabila hasil uji berpengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji wilayah berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test-DMRT*). Analisis perbandingan nilai varian antar populasi dengan uji F.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Tanaman

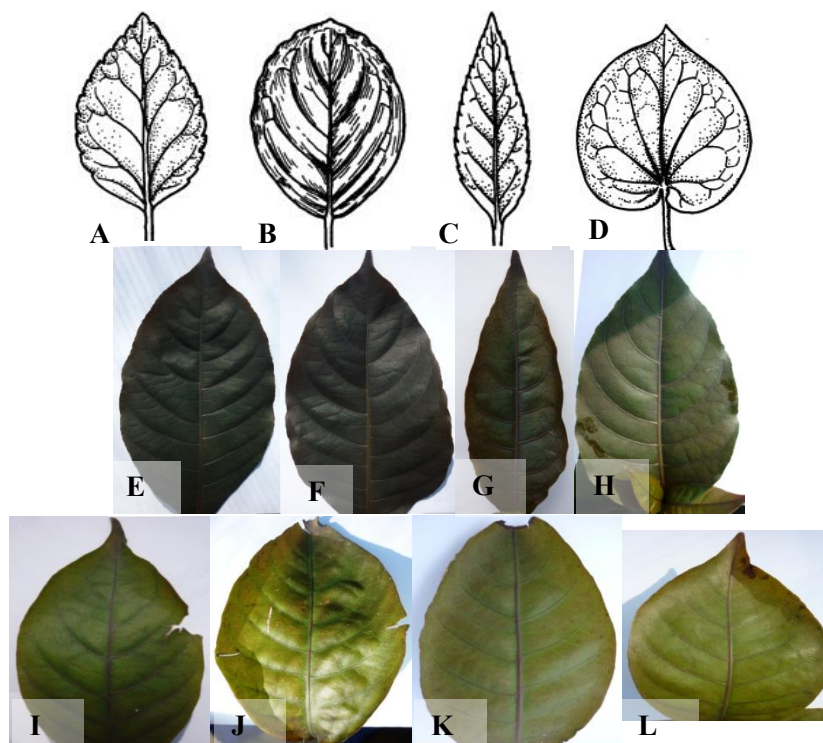
Pertumbuhan awal (3 MST, 4 MST) pada tanaman yang diiradiasi menghasilkan daun-daun baru yang mengalami perubahan baik dari segi morfologi, warna serta tekstur yang lebih kaku atau keras. Morfologi daun pada tanaman kontrol pada umumnya adalah *ovate*, *oval*, dan sebagian kecil *lanceolate* (Gambar 1A-1C), sedangkan pada tanaman yang diiradiasi terdapat penambahan bentuk *cordate* (Gambar 1D) selain bentuk-bentuk daun di atas, yaitu pada tanaman yang diiradiasi 105Gy (Gambar 1L). Handeuleum pada stadia awal pertumbuhan umumnya memiliki warna daun hijau muda dan ketika beranjak dewasa warna daun berubah menjadi berwarna ungu merah kecoklatan. Tanaman yang diiradiasi sinar gamma dosis 60 Gy, 75 Gy, 90 Gy, dan 105 Gy, warna daunnya tetap hijau muda kekuningan sampai daun tersebut mati, yang mengindikasikan terjadinya kerusakan pigmen antosianin dan klorofil pada daun (Gambar 2E-2H).

Penelitian Widiastuti *et al.* (2010) menunjukkan bahwa bentuk dan warna daun pucuk manggis abnormal akibat diiradiasi sinar gamma, hal ini merupakan respon dari terjadinya perubahan proses fisiologi. Song *et al.* (2009), menjelaskan terjadinya perubahan bentuk dan jumlah helaian daun *Trifolium repens* L. yang diiradiasi dengan sinar gamma dosis 25-100 Gy. Menurut penelitian ini tanaman mengalami stress akibat iradiasi. Penelitian Badignnavar dan Murty (2007) menunjukkan bahwa warna daun tanaman kacang tanah menjadi kuning setelah diiradiasi sinar gamma tapi kemudian setelah 80 HST berubah menjadi hijau dan penampilan tanaman secara keseluruhan menjadi normal kembali.

Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, Panjang Daun dan Lebar Daun

Hasil pengamatan menunjukkan iradiasi sinar gamma berpengaruh sangat nyata terhadap peubah tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun (Tabel 1). Nilai pengamatan peubah-peubah ini umumnya semakin kecil seiring dengan semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma.

Data pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa perlakuan kontrol (0 Gy) menghasilkan tanaman paling tinggi yaitu sebesar 83 cm, dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan iradiasi sinar gamma 15 Gy, yang menghasilkan tinggi 78.7 cm. Tanaman paling pendek diperoleh pada perlakuan 105 Gy sebesar 14.1 cm (tereduksi sebesar 83.0%), tidak berbeda nyata dengan perlakuan 60, 75, dan 90 Gy yang masing-masing menghasilkan tanaman dengan tinggi berturut-turut sebesar 16.2 cm, 16.1 cm, dan 15.9 cm. Masing-masing perlakuan menghasilkan reduksi berturut-turut sebesar 80.5%, 80.6%, dan 80.8%. Dosis iradiasi sinar gamma yang semakin tinggi menyebabkan tanaman handeuleum semakin pendek (Tabel 1). Sel-sel meristem pucuk dari tanaman yang diiradiasi dengan dosis yang tinggi diduga mengalami kerusakan. Hal



Gambar 1. Keragaan daun handeuleum aksesori Bogor tanpa dan yang diiradiasi dengan berbagai dosis sinar gamma; *ovate* (A), *oval* (B), *lancoleate* (C), *cordate* (D), kontrol (0 Gy) (E), 15 Gy (F), 30 Gy (G), 45 Gy (H), 60 Gy (I), 75 Gy (J), 90 Gy (K), dan 105 Gy (L)

ini sesuai dengan hasil penelitian Ramesh *et al.* (2014) pada tanaman mulberry bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan terhambatnya sintesis auksin dan pembelahan sel.

Penelitian Aisyah *et al.* (2009) pada stek pucuk anyelir menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma dosis 15 Gy berpengaruh nyata terhadap penurunan tinggi tanaman. Dwimahyani (2007) pada stek pucuk krisan yang diiradiasi sinar gamma (dosis 0, 10, 15, 20, dan 25 Gy), yang menghasilkan pertumbuhan tanaman yang cenderung

menurun dengan semakin besarnya dosis iradiasi sinar gamma. Hal ini terjadi karena terjadi kerusakan fisiologis akibat sinar gamma. Menurut Srivastava dan Kumar (2011) semakin tinggi dosis radiasi sinar gamma yang diberikan, tanaman *safflower* semakin pendek bila dibandingkan dengan tanaman kontrol, karena iradiasi sinar gamma menyebabkan terjadinya gangguan pada sintesis DNA.

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman kontrol (0 Gy) menghasilkan rata-rata jumlah

Tabel 1. Nilai rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun handeuleum aksesori Bogor pada berbagai perlakuan dosis iradiasi sinar gamma pada 10 MST

Dosis iradiasi (Gy)	Peubah			
	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun ^(a) (helai)	Panjang daun (cm)	Lebar daun (cm)
0	83.0 ± 4.7a	106.3 ± 12.6a	19.7 ± 1.7a	9.2 ± 0.9a
15	78.7 ± 9.3a	78.3 ± 14.1b	12.6 ± 1.4bc	6.5 ± 0.5b
30	63.4 ± 8.0b	71.0 ± 12.7b	13.3 ± 1.9b	6.5 ± 1.0b
45	37.8 ± 8.1c	36.5 ± 19.1c	10.9 ± 0.6d	5.7 ± 0.9b
60	16.2 ± 2.1d	3.8 ± 1.0d	12.3 ± 0.8bc	6.1 ± 0.8b
75	16.1 ± 2.0d	3.4 ± 1.3d	12.0 ± 1.2bcd	6.1 ± 0.7b
90	15.9 ± 1.7d	3.3 ± 1.2d	12.4 ± 0.6bc	6.3 ± 0.3b
105	14.1 ± 2.0d	3.0 ± 2.0d	11.5 ± 1.5cd	6.0 ± 0.8b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%. Nilai ± yang disajikan adalah standar deviasi. (a) Data merupakan hasil transformasi dengan rumus ($\sqrt{X+0.5}$)

daun paling banyak yaitu sebanyak 106.3 helai, sedangkan perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 105 Gy menghasilkan rata-rata jumlah daun paling sedikit yaitu sebanyak 3.0 helai, mengakibatkan penurunan sebesar 97.2%. Hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 60, 75, dan 90 Gy yang berturut-turut menghasilkan daun sebanyak 3.8, 3.4, 3.3 helai. Perlakuan sinar gamma dosis 60 Gy mengakibatkan penurunan jumlah daun sebesar 96.4%, dosis 75 Gy sebesar 96.8%, sedangkan dosis 90 Gy sebesar 96.9% bila dibandingkan dengan tanaman kontrol. Tanaman yang mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma dengan dosis 60, 75, 90, dan 105 Gy, memiliki jumlah daun yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan kontrol. Tunas yang muncul pada tanaman yang mendapat dosis iradiasi besar (60, 75, 90, dan 105 Gy) pertumbuhannya sangat lambat dan tidak menghasilkan tunas baru, kecuali untuk perlakuan 60 Gy.

Penelitian Lukanda *et al.* (2013) tentang kacang tanah yang diiradiasi sinar gamma (100, 200, 400, dan 600 Gy), menunjukkan bahwa semakin besar dosis iradiasi yang diberikan pada kacang tanah mengakibatkan jumlah daun semakin berkurang. Menurutnya hal ini karena sinar gamma memproduksi radikal bebas yang dapat merusak sel sehingga mempengaruhi morfologi tanaman. Rashid *et al.* (2013) mengamati bahwa iradiasi sinar gamma menyebabkan penurunan pertumbuhan pada tanaman jahe (seperti kerdil, batang yang bengkok, dan daun yang berkerut), dikarenakan sinar gamma menyebabkan sintesis DNA menjadi terganggu dan mempengaruhi proses pembelahan sel.

Penelitian Jan *et al.* (2011) pada tanaman *Psoralea corylifolia* L., menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma dosis rendah secara signifikan meningkatkan pertumbuhan vegetatif, sementara dosis tinggi terbukti menghambat pertumbuhan. Handeuleum yang diiradiasi dengan dosis

tinggi (60, 75, 90, dan 105 Gy) pertumbuhannya terhambat serta tidak tumbuh daun baru, dan pada akhirnya mati sehingga tidak diperoleh keturunannya.

Perlakuan kontrol (0 Gy) menghasilkan panjang dan lebar daun paling besar dibandingkan dengan perlakuan lain, yaitu berturut-turut sebesar 19.1 cm dan 9.2 cm (Tabel 1). Panjang dan lebar daun paling kecil dihasilkan oleh iradiasi sinar gamma dosis 105 Gy, yaitu 11.5 cm (reduksi sebesar 39.8%) dan 6.0 cm (reduksi sebesar 34.8%).

Penelitian yang dilakukan oleh Widiastuti *et al.* (2010) menunjukkan bahwa semakin besar dosis iradiasi yang diberikan (0, 20, dan 25 Gy), panjang dan lebar daun semakin kecil, hal ini karena terjadi kerusakan seluler pada meristem tanaman. Mudibu *et al.* (2012) meneliti biji kedelai yang diiradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 0.2, 0.4, 0.6, dan 0.8 kGy memperlihatkan perubahan pada tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun per tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah percabangan per tanaman, panjang polong, dan lebar polong. Menurutnya hal ini karena iradiasi sinar gamma menghasilkan radikal bebas yang merusak dan mempengaruhi morfologi, anatomi, dan biokimia tanaman.

Iradiasi sinar gamma pada jaringan tanaman mengakibatkan perubahan secara morfologis dan fisiologis pada tanaman handeuleum. Perubahan secara morfologis dan fisiologis terjadi karena iradiasi sinar gamma bereaksi dengan jaringan tanaman dan membentuk radikal bebas H_2O_2 dan OH . Jika radikal hidroksil menempel pada rantai nukleotida dalam DNA, maka utas tunggal atau ganda DNA akan patah, sehingga akan mengakibatkan perubahan gen, dan proses metabolisme yang diatur oleh gen tersebut otomatis akan mengalami perubahan.

Perubahan morfologi dan pertumbuhan tanaman handeuleum dibuktikan dengan adanya variasi bentuk daun, ukuran tinggi tanaman, panjang dan lebar daun, dan



Gambar 2. Keragaan tanaman handeuleum pada berbagai perlakuan iradiasi sinar gamma: kontrol (0 Gy) (A), 15 Gy (B), 30 Gy (C), 45 Gy (D), 60 Gy (E), 75 Gy (F), 90 Gy (G), dan 105 Gy (H). Terlihat bahwa daun pada perlakuan 60 Gy, 75 Gy, 90 Gy, dan 105 Gy memiliki warna yang berbeda dengan kontrol

jumlah daun. Penelitian Wi *et al.* (2007) pada tanaman labu menunjukkan bahwa terdapat akumulasi penumpukan radikal bebas H₂O₂ pada dari tanaman labu yang diiradiasi dibandingkan dengan kontrol. Akumulasi H₂O₂ lebih tinggi pada sel parenkima dibandingkan dengan yang terdapat pada jaringan pembuluh, sehingga diperkirakan jaringan pembuluh lebih sensitif daripada sel parenkima. Rusaknya jaringan pembuluh menyebabkan terganggunya transportasi asimilat yang dihasilkan oleh daun ke seluruh jaringan tanaman, sehingga mengakibatkan terjadinya penghambatan pertumbuhan.

Perubahan fisiologis dapat berupa ketidakseimbangan hormon auksin di dalam tanaman. Hormon auksin merupakan hormon yang mengatur bermacam-macam proses perkembangan seperti perpanjangan batang, dominasi apikal dan inisiasi akar. Hal inilah yang diduga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman handeuleum yang diiradiasi. Kovalchuk *et al.* (2007) memaparkan bahwa pada iradiasi sinar gamma, gen auksin adalah hampir satu-satunya gen hormonal yang terlibat pada saat tanaman dipapar iradiasi sinar gamma. Hasil penelitian Momiyama *et al.* (1999) pada koleoptil jagung dan penelitian Ramesh *et al.* (2014) pada tanaman mulberry juga menunjukkan iradiasi sinar gamma menyebabkan terganggunya sintesis auksin.

Nagata *et al.* (2005) menyebutkan bahwa iradiasi akut dapat mengaktifkan atau menghambat satu set gen. Gen-gen ini terkait dengan asam nukleat (misal perbaikan DNA, penggabungan DNA, atau metabolisme RNA) dan terlibat pada respon stress oksidatif (misal peroksidase, sitokrom P450, glutathion transferase), atau sinyal transduksi. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.* (2009) yang mengidentifikasi 2,165 gen yang terinduksi oleh sinar gamma dan 1,735 gen tertekan, dan dari 345 ekspresi gen yang diteliti, gen yang mengatur

respon terhadap stres lingkungan jumlahnya meningkat, sedangkan gen yang mengatur respon pertumbuhan jumlahnya tertekan.

Warna Daun, Tekstur Daun, Warna Batang, dan Indeks Warna Hijau Relatif Daun

Hasil pengamatan morfologi kualitatif menunjukkan bahwa warna daun, tekstur daun, warna batang, dan indeks warna hijau relatif daun secara sangat nyata dipengaruhi oleh perlakuan iradiasi sinar gamma. Warna daun handeuleum pada perlakuan iradiasi sinar gamma 15 Gy sama dengan tanaman kontrol menunjukkan nilai skoring 5, tidak berbeda nyata dengan perlakuan sinar gamma 30 Gy dan 45 Gy. Perlakuan 105 Gy menghasilkan nilai skoring 1, hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan 75 Gy dan 90 Gy. Semakin kecil nilai skoring menunjukkan bahwa warna daun handeuleum berubah atau berbeda dengan warna daun handeuleum pada umumnya. Warna daun handeuleum biasanya berwarna ungu, sedangkan tanaman yang mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma daunnya berwarna hijau, dan hijau keunguan.

Perlakuan sinar gamma memberikan pengaruh nyata pada tekstur daun tanaman handeuleum (Tabel 2). Perlakuan 0 Gy, 15 Gy, dan 30 Gy menghasilkan nilai skoring 3, yang berarti daunnya bertekstur lembut dan lemas. Perlakuan dengan dosis 60 Gy, 75 Gy, 90 Gy, dan 105 Gy memiliki nilai skoring 1, dan tekstur daun tanaman kaku, daunnya tebal dan mudah patah. Perubahan tekstur daun setelah iradiasi juga terjadi pada anyelir seperti dilaporkan oleh Aisyah *et al.* (2009). Muthusamy *et al.* (2007) menjelaskan penelitiannya pada kacang tanah, bahwa terjadi peningkatan variasi bentuk daun seiring dengan meningkatnya konsentrasi dari mutagen.

Tabel 2. Nilai rata-rata warna daun, tekstur daun, warna batang, dan indeks warna hijau relatif daun handeuleum aksesori Bogor pada berbagai perlakuan dosis iradiasi sinar gamma pada 10 MST

Dosis iradiasi (Gy)	Peubah			
	Warna ^(a) daun	Tekstur ^(b) daun	Warna ^(a) batang	Indeks warna ^(c) hijau relatif daun
0	5.0 ± 0.0a	3.0 ± 0.0a	5.0 ± 0.0a	53.94 ± 2.4b
15	5.0 ± 0.0a	3.0 ± 0.0a	5.0 ± 0.0a	53.66 ± 2.8b
30	4.5 ± 1.4a	3.0 ± 0.0a	5.0 ± 0.0a	52.96 ± 3.5b
45	3.8 ± 1.5a	2.2 ± 1.0b	3.8 ± 1.5bc	56.81 ± 2.6a
60	2.0 ± 1.1b	1.0 ± 0.0c	4.0 ± 1.1b	33.52 ± 3.7c
75	1.2 ± 0.7bc	1.0 ± 0.0c	3.0 ± 0.0c	30.38 ± 5.2c
90	1.5 ± 0.9bc	1.0 ± 0.0c	3.0 ± 0.0c	31.30 ± 4.3c
105	1.0 ± 0.0c	1.0 ± 0.0c	3.0 ± 0.0c	30.39 ± 6.7c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%. Nilai ± yang disajikan adalah standar deviasi. (a) Data merupakan hasil transformasi dengan rumus ($\sqrt{X+0.5}$); (b) Data merupakan hasil transformasi dengan rumus ($\sqrt{X+1}$); (c) Data merupakan hasil transformasi dengan rumus ($\log x$). Angka pada peubah warna daun, tekstur daun, dan warna batang merupakan nilai skoring. Skoring warna daun dan batang: 5 = ungu, 3 = ungu kehijauan, 1 = hijau. Skoring tekstur daun: 3 = lembut, 1 = keras/kaku

Perlakuan sinar gamma juga memberikan pengaruh pada warna batang handeuleum. Tanaman yang diberikan perlakuan dengan dosis 15 Gy dan 30 Gy memiliki nilai skoring 5, sama dengan nilai skoring tanaman kontrol (0 Gy). Tanaman handeuleum yang diberi iradiasi sinar gamma dosis 75, 90, dan 105 Gy memiliki nilai skoring 3, dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan sinar gamma dosis 45 Gy (Tabel 2). Warna batang pada tanaman yang diberi perlakuan dengan dosis 75, 90, dan 105 Gy adalah hijau dan hijau keunguan, berbeda dengan warna batang pada perlakuan sinar gamma 15 Gy dan 30 Gy yaitu berwarna ungu.

Iradiasi sinar gamma dosis 45 Gy menghasilkan indeks warna hijau relatif daun terbesar dibandingkan perlakuan lain (Tabel 2). Nilai indeks warna hijau relatif daun cenderung semakin kecil seiring dengan peningkatan dosis iradiasi sinar gamma.

Berdasarkan hasil analisis skoring perubahan warna daun, tekstur daun dan warna batang (Tabel 2), terlihat bahwa nilai skoringnya semakin menurun seiring dengan peningkatan dosis iradiasi sinar gamma. Kandungan klorofil pun mengalami penurunan (kecuali pada dosis 45 Gy) yang ditunjukkan oleh penurunan indeks warna hijau relatif daun.

Perubahan warna daun, tekstur daun, warna batang, serta menurunnya indeks warna hijau relatif daun pada tanaman handeuleum yang diiradiasi memberi indikasi bahwa tanaman handeuleum mengalami perubahan akibat iradiasi sinar gamma. Iradiasi sinar gamma mengionisasi atom-atom dalam jaringan tanaman dan menghasilkan radikal bebas OH^\bullet dan H^\bullet yang apabila bertemu dengan oksigen akan menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2), sehingga jumlah H_2O_2 pada tanaman menjadi meningkat. H_2O_2 terbukti mengakibatkan kerusakan dinding sel, membran sel dan DNA. Rusaknya dinding sel dan membran sel akibat H_2O_2 mungkin yang menyebabkan tekstur daun handeuleum menjadi kaku atau keras.

Kloroplas secara genetik memiliki sistem pewarisan sendiri dalam bentuk kromosom kloroplas dan terletak di sitoplasma. Kloroplas mengandung DNA, RNA, ribosom serta enzim. Radikal bebas dapat menyebabkan mutasi pada kloroplas dan akan mempengaruhi sintesis klorofilnya. Penelitian yang dilakukan oleh Wi *et al.* (2007) menunjukkan bahwa akumulasi H_2O_2 ditemukan di membran plasma dan lamela tengah berbagai organ tanaman, tapi paling utama terdapat pada daun.

KESIMPULAN

Iradiasi sinar gamma menyebabkan perubahan morfologi daun dan tanaman, serta mempengaruhi pertumbuhan tanaman handeuleum. Iradiasi sinar gamma dosis 105 Gy menghasilkan morfologi daun baru, yaitu *cordate*. Pertumbuhan tanaman yang terhambat, perubahan warna daun yaitu hijau kekuningan dan tekstur daun menjadi kaku dihasilkan oleh iradiasi sinar gamma dosis 60 Gy, 75 Gy, 90 Gy, 105 Gy. Iradiasi sinar gamma dosis 45 Gy menghasilkan indeks warna hijau relatif daun lebih besar daripada kontrol, yaitu sebesar 56.81 ± 2.6 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Badan Litbang Pertanian atas dukungan dana penelitian melalui proyek Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T).

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S.I., H. Aswidinoor, A. Saefuddin, B. Marwoto, S. Sastroumarjo. 2009. Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma. J. Agron. Indonesia 37:62-70.
- Badignavar, A.M., G.S.S. Murty. 2007. Genetic enhancement of groundnut through gamma ray induced mutagenesis. Plant mutation reports 1:16-21.
- Bermawie, N., N.N. Kristina, H. Nurhayati. 2006. Jamu used for women's health caring Indonesia. hal. 45-54. Proceedings Women's Healths and Asian Traditional Medicine Conference and Exhibition. Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia 28-30 July 2006.
- Dwimahyani, I. 2007. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan pembungaan stek pucuk krisan (*Chrysantemum morifolium* Rahmat.) cv. Pink Fiji. Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi 3:67-79.
- Jan, S., T. Parween, T.O. Siddiqi, Mahmooduzzafar. 2011. Gamma radiation effects on growth and yield attributes of *Psoralea corylifolia* L. with reference to enhanced production of psoralen. Plant Growth Regul. 64:163-171.
- Khumaida, N., N.N. Kristina, D. Novita. 2008. Karakterisasi morfologi dan kandungan bahan aktif handeuleum (*Graptophyllum pictum* L. Griff). hal. 147-154. Potensi Tumbuhan Obat Indonesia Cengkeh (*Syzygium aromaticum* Linn.) dan Ketumbar (*Coriandrum sativum* Linn.). Prosiding Seminar Nasional Tumbuhan Obat Indonesia XXXV. Serpong: 13-14 Nopember 2008.
- Kim, J.H., M.H. Lee, Y.R. Moon, J.S. Kim, S.G. Wi, T.H. Kim, B.Y. Chung. 2009. Characterization of metabolic disturbances closely linked to the delayed senescence of *Arabidopsis* leaves after irradiation. Environ. Exp. Bot. 67:363-371.
- Kovalchuk, I., B. Molinier, Y. Yao, A. Arkhipov, O. Kolvachuk. 2007. Transcriptome analysis reveals fundamental differences in plant response to acute and chronic exposure to ionizing radiation. Mutant Res./Fundam. Mol. Mech. Mutagen 624:101-113.

- Lukanda, L.T., A.K. Mbuyi, K.K.C. Nkongolo, R.V. Kizungu. 2013. Effect of gamma irradiation on morpho-agronomic characteristics of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Amer. J. Plant Sci. 4:2186-2192.
- Minisi, F.A., M.E. El-mahrouk, M.E.D.F. Rida, M.N. Nasr. 2013. Effects of gamma radiation on germination, growth characteristics and morphological variations of *Moluccella laevis* L. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 13:696-704.
- Momiyama, M., T. Koshiba, K. Furukawa, Y. Kamiya, M. Sato. 1999. Effects of γ - irradiation on elongation and indole-3-acetic acid level of maize (*Zea mays*) coleoptiles. Environ. Exp. Bot. 41:131-143.
- Mudibu, J., K.K.C. Nkongolo, A.K. Mbuyi, R.V. Kizungu. 2012. Effect of gamma irradiation on morpho-agronomic characteristics of soybeans (*Glycine max* L.). Amer. J. Plant Sci. 3:331-337.
- Muthusamy, A., K. Vasanth, D. Sivasankari, B.R. Chandrasekar, N. Jayabalan. 2007. Effects of mutagens on somatic embryogenesis and plant regeneration in groundnut. Biol. Plant. 51:430-435.
- Nagata, T., H. Yamada, Z. Du, S. Todoriki, S. Kikuchi. 2005. Microarray analysis of genes that respond to gamma-irradiation in *Arabidopsis*. J. Agric. Food Chem. 53:1022-1030.
- Ramesh, H.L., V.N.Y. Murthy, Munirajappa. 2014. Induction of useful mutation in mulberry (*Morus*) variety s54 by gamma irradiation in m1 generation. Amer. J. Exp. Agric. 4:48-57.
- Rashid, K., A.B.M. Daran, A. Nezhadahmadi, K. Hazmi, S. Azhar, S. Efzueni. 2013. The effect of using gamma rays on morphological characteristics of ginger (*Zingiber officinale*) plants. Life Sci. J. 10:1538-1544.
- Song, I.J., H.G. Kang, J.Y. Kang, H.D. Kim, T.W. Bae, S.Y. Kang, P.O. Lim, T. Adachi, H.Y. Lee. 2009. Breeding of four-leaf white clover (*Trifolium repens* L.) through ⁶⁰Co gamma-ray irradiation. Plant Biotechnol. Rep. 3:191-197.
- Srivastava, P., G. Kumar. 2011. Gamma rays induced alterations in some morphological and biochemical indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). J. Plant Sci. Res. 27:113-116.
- Wi, S.G., B.Y. Chung, J.S. Kim, J.H. Kim, M.H. Baek, J.W. Lee, Y.S. Kim. 2007. Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. Micron 38:553-564.
- Widiastuti, A., Sobir, M.R. Suhartanto. 2010. Diversity analysis of mangosteen (*Garcinia mangostana*) irradiated by gamma-ray based on morphological and anatomical characteristics. J. N. Biosci. 2:23-33.