

**KAJIAN PENGARUH IRADIASI GAMMA COBALT-60 TERHADAP TANAMAN KAPULAGA  
JAWA (*Amomum compactum*)**

**ASSESSMENT OF GAMMA IRRADIATION COBALT-60 EFFECT ON JAVA CARDAMOM  
(*Amomum compactum*) PLANT**

Rina Aprianti<sup>1\*</sup>, Lukita Devy<sup>1</sup>, Eka Nurhangga<sup>1</sup>, Winda Nawfetrias<sup>1</sup>, Sasanti Widiarsih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Riset Hortikultura, Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Soekarno Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46,  
Cibinong, Kab. Bogor – 16915

<sup>2</sup>Pusat Riset Tanaman Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Soekarno Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46,  
Cibinong, Kab. Bogor – 16915

\*Korespodensi : rina.aprianti@brin.go.id

Diterima : 17 Juli 2024 / Direvisi : 09 September 2024 / Disetujui : 16 Desember 2024

**ABSTRAK**

Tanaman kapulaga jawa sebagian besar diperbanyak secara vegetatif dengan menggunakan rimpangnya. Oleh karena itu, variabilitas genetiknya cukup rendah sehingga variabilitas tersebut perlu ditingkatkan, salah satunya dengan iradiasi sinar gamma. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis optimal (LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub>) iradiasi gamma pada bibit kapulaga Jawa dan menilai keragaan bibit kapulaga pasca iradiasi gamma. Percobaan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan 6 ulangan. Iradiasi sinar gamma digunakan adalah 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 dan 300 Gy. Tingkat kelangsungan hidup, pengamatan kuantitatif dan kualitatif pertumbuhan tanaman dilakukan. Iradiasi dilakukan pada tanaman dewasa. Hasil menunjukkan nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> sebesar 55,89 Gy dan 100,75 Gy. Bibit menunjukkan nekrosis pada area daun dan batang setelah penyinaran terutama pada dosis sinar gamma tinggi. Sampai umur 25 minggu setelah iradiasi (MSI), tanaman yang diiradiasi 50 Gy dan 100 Gy menghasilkan 16,7% tunas baru, namun perkembangannya sangat lambat. Tanaman kontrol menghasilkan 5,2 tunas baru dengan penampilan agronomis baik dan 67% menghasilkan bunga pada umur 25 minggu setelah iradiasi. Selanjutnya dosis iradiasi pada budidaya kapulaga perlu dioptimalkan pada kisaran 50-100 Gy dengan menggunakan bahan tanaman yang lebih muda.

Kata kunci: Dosis Letal, Iradiasi, Kapulaga, Mutasi, Variabilitas

**ABSTRACT**

Javanese cardamom plants are mostly propagated vegetatively using its rhizome. Therefore, the genetic variability is quite low so that the variability needs to be enhanced, one of them is by gamma irradiation. The objectives were to reveal the optimal dose (LD<sub>20</sub> and LD<sub>50</sub>) of gamma irradiation on Java cardamom seedlings and to assess the performance of

seedlings post irradiation. The experiment was arranged in randomized complete block design with 6 replications. Gamma ray used were 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 and 300 Gy. Survival rate, quantitative and qualitative observation of plant growth were conducted. Irradiation was conducted on mature plant. Result showed the LD<sub>20</sub> and LD<sub>50</sub> values were 55,89 Gy and 100,75 Gy. Seedling showed necrosis on leaves and stem area after irradiation especially in high gamma ray doses. Until 25 weeks after irradiation, plants irradiated with 50 Gy and 100 Gy produced 16.7% new shoots, but their development was very slow. Control plants produced 5.2 new shoots with good agronomic appearance and 67% produced flowers at 25 weeks after irradiation. Furthermore, the irradiation dose for cardamom cultivation needs to be optimized in the range of 50-100 Gy by using younger plant material.

**Keywords:** *Cardamon, Irradiation, Lethal Dose, Mutation, Variability*

## PENDAHULUAN

Kapulaga Jawa (*Amomum compactum*) merupakan salah satu dari sembilan rempah utama dunia. Kapulaga jawa adalah kapulaga asli Indonesia, selain itu terdapat juga jenis lain yang berasal dari India yaitu kapulaga seberang (*Elettaria cardamomum*). Kapulaga jawa termasuk ke dalam suku jahe-jahean (Zingiberaceae). Tanaman ini dimanfaatkan sebagai bumbu aromatik (Singletary, 2022). Selain manfaat sebagai bumbu masakan, kapulaga juga mengandung nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Tanaman ini mempunyai sifat anti-oksidan, antimutagenik (Saeed *et al.*, 2014), kardioprotektif (Goyal *et al.*, 2015), hepatoprotektif (Elguindy *et al.*, 2016), antibakteri dan anti-inflamasi (Souissi *et al.*, 2020). Berbagai manfaat tersebut menyebabkan tanaman ini menjadi komoditas yang potensial untuk dikembangkan karena mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kapulaga di dunia. Penanaman kapulaga tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Data dari Badan Pusat Statistik (2023) menunjukkan bahwa produksi kapulaga tingkat nasional mencapai

128.671.039 kg. Kebutuhan ekspor kapulaga cukup besar, nilai ekspor mencapai US\$ 41,2 juta pada periode Januari-Agustus 2021, sedangkan nilai ekspor pada 2024 diperkirakan mencapai US\$ 321,5 juta atau sekitar Rp 4,5 triliun (Supardi, 2023).

Kebutuhan kapulaga yang cukup besar harus diupayakan dengan meningkatkan produksi tanaman. Salah satu upaya yang dilakukan melalui perbaikan genetik tanaman. Kapulaga sebagian besar diperbanyak secara vegetatif dengan menggunakan rimpangnya. Hal ini menyebabkan variabilitas genetiknya cukup rendah. Keberhasilan dalam program pemuliaan tanaman dapat ditingkatkan dengan adanya variabilitas yang tinggi dalam plasma nutfah. Hal ini memberikan peluang bagi pemulia untuk lebih cepat menciptakan varietas baru atau meningkatkan keunggulan varietas yang sudah ada (Somraj *et al.*, 2017). Peningkatan variabilitas genetik dapat dilakukan dengan pemuliaan. Salah satu caranya adalah dengan iradiasi sinar gamma Cobalt-60 (Co-60). Penyinaran bahan secara sengaja dan terarah menggunakan suatu teknik energi radiasi disebut Iradiasi. Sinar gamma merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek dan kedalaman penetrasi tinggi, yang dihasilkan

oleh peluruhan radioaktif unsur-unsur tertentu. Hal ini memiliki efek penting pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui perubahan morfologi, fisiologis, biokimia, genetik dan sitologi dalam sel dan jaringan tergantung pada radiasi (Irfaq & Nawab, 2003).

Dosis letal atau Lethal Dose (LD) adalah dosis yang dapat menyebabkan kematian populasi pada persentase tertentu. Dosis di mana 50 persen dari total individu yang terpapar radiasi mengalami kematian, dikenal sebagai LD<sub>50</sub>, memiliki potensi terbaik untuk menghasilkan mutasi berkelanjutan yang dapat mendukung perbaikan genetik (Álvarez-Holguín *et al.*, 2019). Selain itu, LD<sub>50</sub> juga menunjukkan bahwa dosis yang menyebabkan pengurangan pertumbuhan hingga 50% memiliki peluang tinggi untuk menghasilkan mutan yang berhasil (Khalil *et al.*, 2014). Pada nilai LD<sub>20</sub> memberikan informasi yang cukup tentang efek berbahaya dari radiasi tanpa menyebabkan tingkat kematian yang terlalu tinggi. Tanaman hanya akan mengalami kerusakan, dan tidak sampai menyebabkan kematian apabila terkena paparan iradiasi gamma pada dosis di bawah dosis letal. Persentase keberhasilan pemuliaan akan semakin meningkat dengan mengetahui nilai dosis letal dari tanaman yang akan dilakukan iradiasi. Penggunaan tanaman dewasa untuk diiradiasi lebih menguntungkan jika tujuan adalah untuk segera mengevaluasi sifat fenotipik, karena sifat fenotipik dapat dievaluasi lebih cepat karena tanaman dewasa sudah menunjukkan karakteristiknya.

Beberapa penelitian mengenai penggunaan iradiasi gamma pada beberapa tanaman menunjukkan hasil yang lebih baik. Sutapa & Kasmawan (2016) melaporkan tanaman tomat yang diberi perlakuan

radiasi sinar gamma menghasilkan pertumbuhan fisiologis yang unggul pada dosis 100 Gy dibandingkan dosis di bawah atau di atasnya. Penelitian lain dimana iradiasi menghasilkan 32 mutan putatif potensial ubi kayu yang memiliki bobot umbi di atas rata-rata genotipe asal (Maharani *et al.*, 2015). Selain itu untuk tanaman jahe putih kecil varietas Halina 1 menunjukkan hasil terbaik pada dosis 10 Gy untuk ukuran rimpang dan bobot yaitu 964 g rumpun<sup>-1</sup> (Bermawie *et al.*, 2020). Penelitian IWO *et al.* (2013) menunjukkan bahwa paparan radiasi gamma pada tanaman jahe dapat memicu mutasi genetik yang meningkatkan produktivitas rimpang secara signifikan. Mutasi ini menghasilkan varietas jahe baru dengan potensi hasil panen hingga 21-37 t ha<sup>-1</sup>, jauh melampaui varietas konvensional yang rata-rata hanya menghasilkan 6,5 t ha<sup>-1</sup>.

Melalui metode iradiasi diharapkan diperoleh tanaman kapulaga yang lebih baik karakter agronomis dan produksinya. Oleh karena itu, tujuan awal dari penelitian ini adalah mengetahui dosis optimal (LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub>) iradiasi sinar gamma pada bibit kapulaga Jawa dan menilai keragaan bibit kapulaga pasca iradiasi sinar gamma.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2022 sampai dengan Agustus 2022. Pemberian Iradiasi sinar gamma Cobalt 60 dilaksanakan di IRPASENA (Iradiator Panorama Serba Guna) Badan Riset dan Inovasi Nasional, Pasar Jumat, Jakarta. Penanaman dilakukan di di rumah kaca kebun percobaan Laboratorium Pengembangan Teknik Industri Agro dan Biomedika (LAPTIAB) Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanaman kapulaga umur 1 tahun, tanah, pupuk kandang, arang sekam dengan perbandingan 1:1:1, dan pupuk NPK. Alat yang digunakan antara lain adalah Iradiator Co-60 Gamma, polybag 40 x 40 cm, ajir, alat siram, meteran pita, jangka sorong, label, alat tulis dan kamera.

Penelitian ini menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan enam ulangan. Dosis iradiasi sinar gamma Cobalt 60 yang diberikan terdiri dari 0 Gy, 25 Gy, 50 Gy, 75 Gy, 100 Gy, 125 Gy, 150 Gy, 175 Gy, 200 Gy, 225 Gy, 250 Gy, 275 Gy dan 300 Gy.

Pengamatan yang dilakukan terdiri dari persentase mati (%), pertumbuhan vegetatif dan pertumbuhan generatif. Paramater pertumbuhan vegetatif terdiri atas tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), jumlah daun, jumlah tunas, dan skor kesehatan. Penetapan skor kesehatan berdasarkan petunjuk teknis pengamatan dan pelaporan organisme pengganggu tumbuhan dan dampak perubahan iklim (opt-dpi) Kementerian Pertanian (2018) yaitu skor 1 (ringan, kerusakan tanaman  $\leq 25$  %), skor 2 (sedang, kerusakan tanaman  $> 25 \leq 50$ %), skor 3 (berat, kerusakan tanaman  $> 50 \leq 85$ %), dan Skor 4 (Puso, kerusakan tanaman  $> 85$ %).

Tanaman yang akan diiradiasi dipilih dan dikelompokkan berdasarkan tinggi tanaman yang relatif sama untuk setiap kelompoknya. Tanaman dibersihkan dari tanah dan dibawa dalam kondisi segar untuk mendapatkan iradasi sinar gamma. Penanaman Kapulaga segera dilakukan di dalam polybag setelah proses iradiasi sinar gamma. Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman yang dilakukan setiap hari, pemupukan dilakukan 1 bulan setelah tanam (BST) dan 3 BST

dengan dosis 10 g polybag<sup>-1</sup>, pemasangan ajir segera dilakukan setelah tanaman kapulaga ditanam pada polybag, dan penyiangan gulma dilakukan sesuai kondisi pertumbuhan gulma.

Pengamatan vegetatif dilakukan untuk mengevaluasi pertumbuhan fisik tanaman kapulaga setelah satu minggu penanaman di polybag. Selanjutnya pengamatan ini dilakukan setiap minggu untuk memantau perkembangan tanaman. Pengamatan generatif dilakukan pada saat tanaman kapulaga mulai berbunga dilakukan dengan menghitung persentase tanaman yang menghasilkan bunga, dengan menghitung jumlah tanaman yang menghasilkan bunga setiap kelompoknya.

Data kuantitatif diolah menggunakan sidik ragam (*Analysis of Variance-ANOVA*) dengan bantuan SAS System ver 9.4. Hasil ANOVA yang menunjukkan perbedaan dianalisis lebih lanjut menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada  $\alpha = 5\%$ . Penentuan dosis letal 20 (LD<sub>20</sub>) dan letal 50 (LD<sub>50</sub>) dilakukan lunak *CurveExpert* ver 1.4. Penentuan dosis letal dilakukan dengan masukkan data dosis (Gy) dan persentase kematian (%), kemudian memilih model kurva yang sesuai dan analisis regresi untuk mendapatkan parameter kurva dan estimasi LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diharapkan pada pemuliaan kapulaga dengan menggunakan teknik iradiasi gamma adalah untuk meningkatkan variabilitas genetik. pemuliaan tanaman Kapulaga Jawa dapat diarahkan untuk mencapai berbagai tujuan yang tidak hanya meningkatkan hasil dan kualitas, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan ketahanan tanaman terhadap faktor lingkungan dan

biotik. Variabilitas genetik yang tinggi akan menjadi modal utama dalam perbaikan sifat untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas kapulaga pada kondisi perubahan iklim saat ini. Budidaya dalam skala besar dapat menjadi peluang bagi petani di Indonesia mengingat kebutuhan kapulaga yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini menjadi peluang bagi Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor kapulaga terbesar di Dunia. Para pemulia diharuskan untuk mengembangkan varietas yang tidak hanya memiliki produktivitas tinggi, tetapi juga kualitas aroma dan rasa yang terbaik.

Hasil penelitian pada tanaman kapulaga Jawa sampai dengan 25 minggu setelah iradiasi (MSI) sinar gamma menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis yang diberikan, mengakibatkan persentase hidup yang rendah (Tabel1).

Tabel 1. Persentase tanaman mati pada 25 MSI

Dosis Sinar Gamma (Gy)	Persentase Tanaman mati (%)
0	0
25	0
50	0
75	0
100	0
125	100
150	100
175	100
200	100
225	100
250	100
275	100
300	100

Pada dosis 0-100 Gy, tanaman yang diiradiasi persentase kematiannya 0 %, sedangkan pada dosis 125 Gy – 300 Gy persentase kematiannya adalah 100 %

(Tabel 1). Hal ini disebabkan rusaknya DNA tanaman jika diiradiasi dengan dosis tinggi (Caplin, 2018).

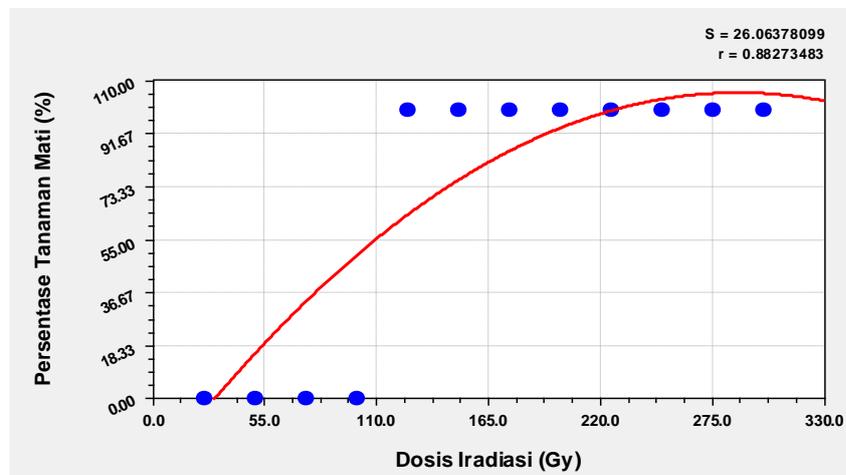
Kematian tanaman terkait dengan sensitivitas tanaman terhadap iradiasi. Bahan yang diiradiasi merupakan tanaman yang berumur 1 tahun, dimana kandungan air pada sel-sel dan jaringan tanaman berkisar 85-90 % dari bobot segar (Kurniawan *et al.*, 2014). Menurut Herison *et al.* (2008) tanaman menjadi lebih sensitif dengan semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H<sub>2</sub>O) dalam materi yang diiradiasi, hal ini terjadi karena radikal bebas semakin banyak terbentuk. Tingkat sensitivitas ini sangat mempengaruhi keberhasilan dalam menghasilkan keragaman genetik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat sensitivitas tanaman terhadap dosis iradiasi yaitu bahan tanaman yang digunakan dan faktor lingkungan seperti suhu, oksigen, kadar air, dan penyimpanan pasca iradiasi (Astuti *et al.*, 2019).

Dosis iradiasi berkisar antara LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> akan menghasilkan keragaman tanaman yang tinggi. LD<sub>50</sub> merupakan tingkat dosis yang menyebabkan kematian tanaman hingga 50% dari seluruh tanaman yang diiradiasi. Tanaman yang berpotensi sebagai mutan akan dihasilkan apabila tanaman tersebut mampu tumbuh pasca iradiasi. Nilai antara LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> akan menghasilkan variabilitas mutan tertinggi (Sari *et al.*, 2015; Soeranto, 2012). Jenis tanaman, ukuran, kekerasan tanaman yang berkaitan dengan struktur dinding sel, tanaman yang memiliki dinding sel yang lebih tebal dan lebih kuat dimungkinkan akan lebih tahan terhadap iradiasi, sehingga proses kematian sel menjadi lebih lambat, serta fase tumbuh merupakan faktor yang akan mempengaruhi dosis radiasi yang akan

digunakan untuk mendapatkan individu dengan perubahan sifat (mutan) (Sutapa & Kasmawan, 2016).

Grafik menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi, persentase kematian tanaman juga meningkat (Gambar 1). Hal ini mencerminkan hubungan positif antara dosis iradiasi dan kematian tanaman. Setelah dosis tertentu, persentase kematian tanaman mendekati 100%, menunjukkan bahwa hampir semua tanaman mati pada dosis tinggi. Ini menunjukkan bahwa ada titik saturasi di mana tambahan iradiasi tidak lagi memberikan efek signifikan terhadap kematian. Berdasarkan hasil analisa program *CurveExpert ver 1.4* untuk menentukan persentase tanaman mati maka diperoleh persamaan model terbaik pada tanaman umur 25 MSI adalah

kuadratik yaitu  $y = -26,374 + 0,919x - 0,002x^2$ . Persamaan ini menggambarkan hubungan antara dosis iradiasi dan persentase kematian tanaman. Intersep  $a$  menunjukkan bahwa pada dosis iradiasi nol, persentase kematian tanaman adalah sekitar -26.37%, yang berarti ada nilai dasar yang tidak relevan secara praktis. Koefisien linier  $b$  yang positif menunjukkan bahwa peningkatan dosis iradiasi berhubungan langsung dengan peningkatan kematian tanaman. Namun, koefisien kuadratik  $c$  yang negatif mengindikasikan bahwa setelah mencapai dosis tertentu, tambahan iradiasi mungkin tidak meningkatkan kematian secara signifikan, bahkan bisa berkurang, menunjukkan adanya titik maksimum dalam kematian tanaman akibat iradiasi.



Gambar 1. Kurva persentase tanaman mati setelah iradiasi sinar Gamma

Hasil analisis diperoleh Lethal dosis 50 atau tingkat kematian 50 % dari populasi ( $LD_{50}$ ) terjadi pada dosis 100,75 Gy, sedangkan posisi  $LD_{20}$  yaitu kematian 20 % dari sampel yang ada terdapat pada dosis 55,89 Gy. Nilai  $LD_{20}$  dipergunakan untuk mengetahui persentase tanaman yang

hidup sebanyak 80 % (Gambar 1). Respon tanaman yang berbeda-beda terhadap dosis iradiasi akan menyebabkan setiap tanaman memiliki nilai  $LD_{20}$  dan  $LD_{50}$  yang berbeda-beda.

Hasil sidik ragam menunjukkan terdapat perbedaan respon antar perlakuan dosis

sinar gamma terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan jumlah tunas pada 25 MSI. Tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan jumlah tunas pada perlakuan tanpa iradiasi lebih baik daripada perlakuan iradiasi dosis 25, 50, dan 100 Gy (Tabel 2.). Tanaman yang diiradiasi dengan dosis 125 – 300 Gy pada 25 MSI tidak ada yang bertahan hidup.

Hal ini sejalan dengan penelitian

Barmawie *et al.* (2020) dimana pertumbuhan tanaman Jahe putih semakin terhambat dengan semakin meningkatnya dosis iradiasi. Pada penelitian Abdullah *et al.* (2018), Tanaman Jahe cultivar Bentong dan Tanjung Sepat juga mengalami penurunan karakter morfologis tinggi tanaman dengan semakin meningkatnya dosis iradiasi sinar gamma.

Tabel 2. Pengaruh dosis iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kapulaga jawa pada 25 MSI\*

Dosis Sinar Gamma (Gy)	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)	Jumlah Daun	Jumlah Tunas
0	159,88 a	11.20 a	16.50 a	5.20 a
25	97,40 b	10.50 a	4.80 b	0.00 b
50	96.00 b	10.98 a	5.20 b	2.00 b
75	91.20 b	9.45 a	3.80 b	0.00 b
100	98.60 b	8.86 ab	3.40 b	2.00 b
125		-		
150		-		
175		-		
200		-		
225		-		
250		-		
275		-		
300		-		

Keterangan : \* Nilai rata-ran yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada  $\alpha = 5\%$   
 - Tanaman mati

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator peningkatan pertumbuhan tanaman. Pada dosis 0 – 100 Gy tanaman mampu bertahan hidup sampai umur 25 MSI (Gambar 2). Penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman yang tidak diiradiasi lebih tinggi dari tanaman yang diiradiasi. Tinggi tanaman yang tidak diiradiasi mencapai 160 cm, sedangkan yang diiradiasi di bawah 100 cm. Pada penelitian ini dosis iradiasi yang digunakan cenderung menghambat pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini juga terjadi pada tanaman kunyit, dimana

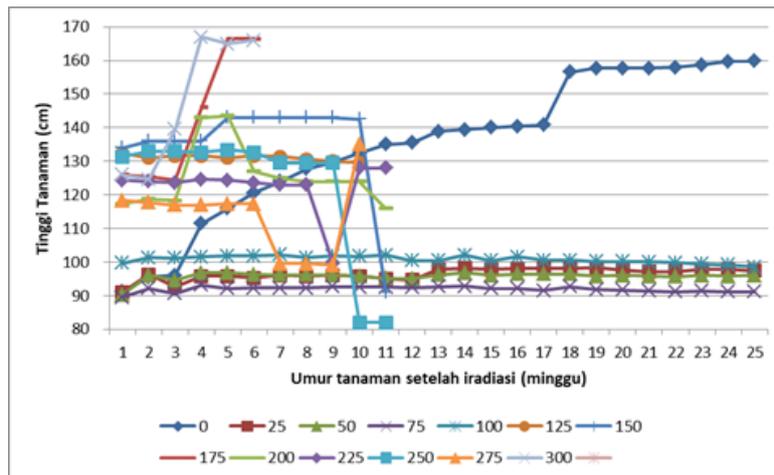
pertumbuhan tinggi tanaman menjadi terhambat dengan peningkatan dosis iradiasi (Anshori *et al.*, 2014).

Menurut Widaryanto & Azizah (2018) tinggi tanaman kapulaga dalam kondisi normal berkisar 1,5 m – 2,5 m. Keterlambatan pertumbuhan tanaman dapat diakibatkan oleh faktor stres. Sinar Gamma dapat meningkatkan faktor stres pada tanaman (Singh *et al.*, 2019). Gowthamil *et al.* (2017) menjelaskan bahwa iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan penurunan tinggi tanaman. Hal ini

disebabkan oleh kerusakan yang terjadi pada proses pembelahan sel, yang selanjutnya dapat mengganggu keseimbangan hormon pertumbuhan dalam tanaman. Pada beberapa tanaman, menurut Fathin *et al.* (2021) iradiasi dapat

menginduksi stimulasi pertumbuhan tanaman.

Sinar gamma dapat mengubah sinyal hormon di dalam sel tanaman untuk distimulasi sehingga cenderung lebih tinggi dari tanaman tanpa iradiasi apabila mendapatkan dosis yang tepat.



Gambar 2. Tinggi tanaman kapulaga setelah diiradiasi dengan berbagai dosis sinar gamma pada 1-25 MSI

Diameter batang menunjukkan semakin tinggi dosis yang diberikan maka diameter batang akan semakin mengecil. Sampai umur 25 MSI, pada dosis 0 Gy diameter batang adalah 11,2 mm, sedangkan pada dosis yang mampu bertahan hidup yaitu 100 Gy diameter batang adalah 8,86 mm. Diameter batang kapulaga pada kondisi normal mencapai 25 mm (Gambar 3). Zanzibar *et al.* (2015) melaporkan diameter batang pada bibit tembesu cenderung menurun pada dosis iradiasi di atas 60 Gy. Adapun penyebab pertumbuhan tanaman menjadi melambat akibat iradiasi sinar gamma karena tanaman perlu memperbaiki diri akibat dari kerusakan kromosom yang disebabkan energi yang dipancarkan sinar gamma.

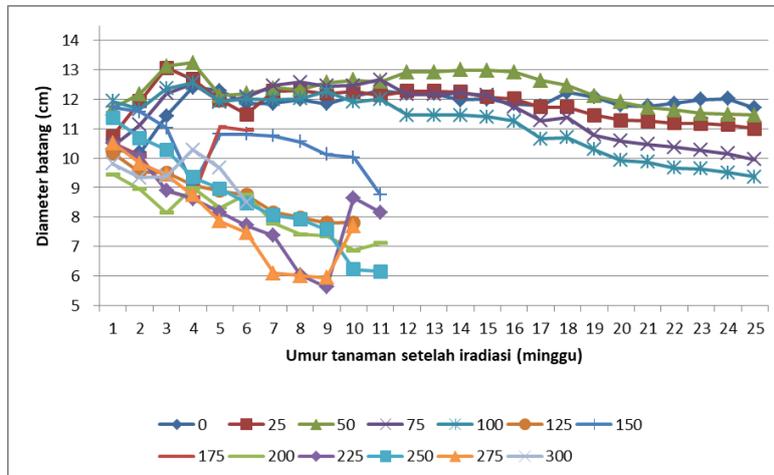
Hal ini dinyatakan oleh Ramesh *et al.* (2014) menyatakan bahwa terhambatnya

pertumbuhan tanaman hasil iradiasi disebabkan oleh kerusakan sel dan kromosom yang berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi mutagen. Dosis/konsentrasi di bawah median lethal ( $LD_{50}$ ) dianggap sebagai subletal dosis yang menyebabkan kontaminasi toksikan pada organisme, tetapi tidak menyebabkan kematian.

Jumlah daun dihitung mulai dari daun yang kuncup hingga yang telah membuka sempurna. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma berpengaruh nyata pada jumlah daun (Tabel 2).

Semakin tinggi dosis yang diberikan maka jumlah daun akan semakin sedikit. Pada perlakuan tanpa iradiasi sinar gamma sampai umur 25 MSI, jumlah daun pada tanaman mencapai 16,5 helai, sedangkan

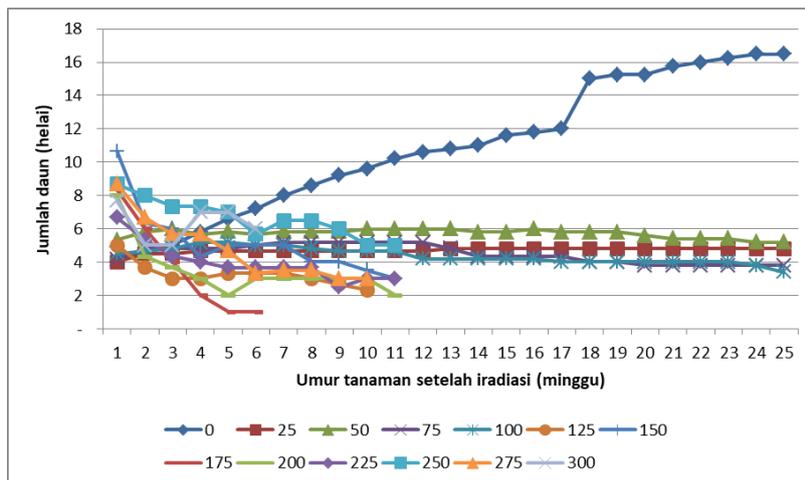
tanaman yang diiradiasi sinar gamma daun adalah 4,3 helai (Gambar 4). dengan dosis 25 Gy – 100 Gy rerata jumlah



Gambar 3. Grafik diameter batang kapulaga setelah diiradiasi dengan berbagai dosis sinar gamma pada 1-25 MSI

Makhziah *et al.* (2017) menyatakan pertumbuhan jumlah daun tanaman jagung semakin menurun dengan penambahan dosis, begitu juga dengan tanaman jahe putih kecil (Bermawie *et al.*, 2020). Menurut Lestari *et al.* (2018); Hartati *et al.* (2022),

tumbuhnya bakal daun akan terganggu dengan dilakukan iradiasi sinar gamma, hal ini disebabkan oleh terjadinya pecahnya benang kromosom tanaman (aberasi kromosom).



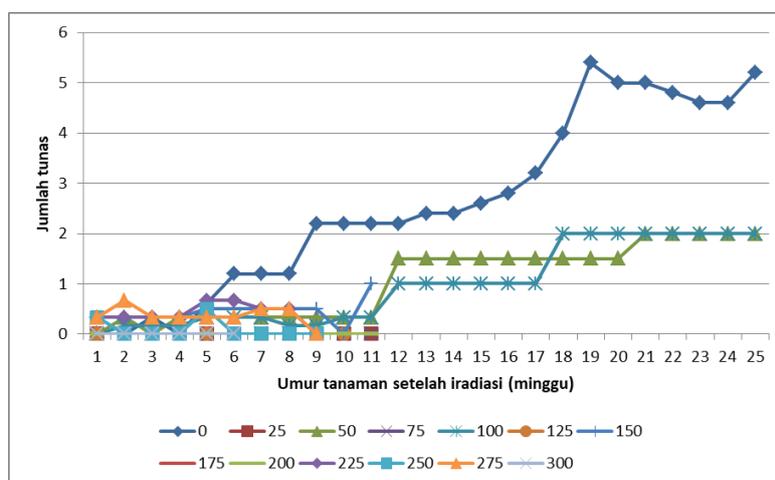
Gambar 4. jumlah daun kapulaga setelah diiradiasi dengan berbagai dosis sinar gamma pada 1-25 MSI

Tanaman yang diiradiasi dosis 50 Gy dan 100 Gy sampai 25 MSI terdapat tunas sebanyak 16,7 % (2 tunas/tanaman)

(Gambar 5). Tunas yang muncul merupakan calon tunas yang sudah ada sebelum tanaman diiradiasi. Setelah diiradiasi tunas

muncul akan tetapi tidak berkembang, sedangkan pada dosis 25 Gy dan 75 Gy dari awal tanaman belum mempunyai calon tunas, sehingga setelah iradiasi tunas baru tidak muncul sama sekali. Pada tanaman kapulaga tanpa iradiasi menghasilkan 5,2 tunas per tanaman dengan tampilan agronomis yang baik. Tunas yang dihasilkan pada tanaman yang diiradiasi pertumbuhannya sangat lambat, sedangkan tanaman kapulaga tanpa iradiasi

menghasilkan 5,2 tunas per tanaman dengan tampilan agronomis yang baik. Hal ini juga dikemukakan oleh Rashid *et al.* (2013) dimana terjadi penurunan tingkat rata-rata pertumbuhan tunas jahe akibat iradiasi sinar gamma. Tanaman yang mendapat dosis tinggi saat iradiasi akan mengalami terhambatnya metabolisme dalam proses pertumbuhan organ akibat perubahan genetik tanaman (Anshori *et al.*, 2014).



Gambar 5. Grafik jumlah tunas kapulaga setelah diiradiasi dengan berbagai dosis sinar gamma pada 1-25 MSI

Pada penelitian kapulaga jawa ini, beberapa tanaman yang tidak diiradiasi menghasilkan bunga sebanyak 67 % atau 3,5 bunga pertanaman pada 25 MSI, sedangkan yang diiradiasi belum ada yang menghasilkan bunga. Iradiasi dapat memengaruhi keseimbangan hormon dalam tanaman. Salah satu hormon berperan penting dalam proses pembungaan adalah auksin. Iradiasi dapat mengganggu produksi atau respons tanaman terhadap hormon ini, sehingga mengurangi kemampuan tanaman untuk berbunga. Kerusakan enzim yang berperan dalam sintesis asam indol-3-asetat (IAA) yang sangat sensitif terhadap radiasi menjadi salah satu penyebab fenomena ini.

Iradiasi dapat menyebabkan kematian sel somatik baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsungnya mencakup degradasi enzim yang penting untuk biosintesis IAA, serta kerusakan pada DNA dan kromosom. Tingkat kerusakan ini cenderung meningkat seiring bertambahnya dosis radiasi yang diterima (Kim *et al.*, 2004).

Bunga yang terbentuk belum menghasilkan buah. Tanaman kapulaga mulai menghasilkan buah yang dapat dipanen setelah berumur 2-3 tahun. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi tanaman untuk berbuah. Kapulaga merupakan tanaman yang tidak membutuhkan

intensitas cahaya tinggi, sehingga termasuk kategori tanaman yang membutuhkan naungan. Penghambatan pembungaan terjadi pada tanaman Rosella, semakin tinggi dosis iradiasi maka akan menghambat pembungaan, hal ini disebabkan terjadinya gangguan fisiologi tanaman. Pada dosis iradiasi 800 Gy umur berbunga menjadi 42,8 hari setelah tanam (HST) sedangkan pada dosis 0 Gy umur berbunga tanaman 39,5 HST (Gustia & Wulandari, 2021).



Gambar 6. Tanaman Kapulaga pada 11 minggu setelah iradiasi sinar gamma (sebelah kiri-kanan mulai dari dosis (0 Gy- 300 Gy)

Sampai umur 25 minggu setelah iradiasi, tanaman yang tidak diiradiasi dan diiradiasi dengan dosis 25 Gy – 100 Gy mempunyai skor kesehatan berkisar antara 1,25 – 2,17, sedangkan pada dosis 125 Gy - 300 Gy skor kesehatannya adalah 4 karena semua tanaman mati. Setelah mengalami iradiasi, kesehatan tanaman dapat terpengaruh secara signifikan, tergantung pada dosis yang diterima. Dosis yang tinggi umumnya mengakibatkan kematian, sedangkan pada dosis rendah hanya menyebabkan perubahan abnormal pada fenotipe tanaman (Gambar 6). Xiang *et al.* (2002) mengemukakan bahwa sinar gamma berfungsi sebagai mutagen dengan energi

radiasi yang cukup tinggi. Energi ini dapat merusak ikatan kovalen atau hidrogen dalam molekul dan biomolekul di dalam sel, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan pada tingkat kromosom dan gen, serta berpotensi mengakibatkan kematian sel.

Induksi mutagen pada dasarnya bersifat merusak (Ismachin, 1972; Lelang *et al.*, 2016), hal ini mengakibatkan pertumbuhan tanaman mengalami gangguan. Pada tanaman kedelai yang mendapatkan perlakuan dosis 100 Gy sampai 400 Gy mengalami kerusakan kloroplas. Hal ini menyebabkan munculnya bintik bintik putih pada permukaan daun yang pertama muncul (Warid *et al.*, 2017). Hal ini mengakibatkan pertumbuhan tanaman mengalami gangguan karena sel tanaman akan dirusak. Hal ini terjadi pada kapulaga jawa, dimana tanaman cenderung menunjukkan nekrosis pada daun dan daerah batang setelah penyinaran terutama pada dosis sinar gamma yang tinggi. Nekrosis merupakan kerusakan atau kematian sel-sel, jaringan atau organ tumbuhan (Aisha, 2015). Gejala nekrosis pada bagian daun dapat menyebabkan daun kering dan menggulung (Gambar 7b), sedangkan bagian batang menjadi mengering (Gambar 7c) sehingga tidak mampu menopang bagian atas tanaman yang mengakibatkan tanaman terkulai. Akibat terjadi nekrosis daun serta batang tanaman kapulaga menjadi kuning, lama kelamaan menjadi coklat dan mengalami kematian.



a b c  
Gambar 7. Gejala kerusakan tanaman akibat iradiasi sinar gamma

### SIMPULAN

1. Dosis iradiasi sinar gamma Cobalt-60 yang optimal untuk pemuliaan kapulaga Jawa adalah antara 50-100 Gy, dengan nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> masing-masing 55,89 Gy dan 100,75 Gy.
2. Penggunaan teknik iradiasi dapat meningkatkan variabilitas genetik kapulaga, sebagai modal utama untuk menghasilkan varietas yang memiliki produktivitas tinggi, dengan kualitas aroma dan rasa yang terbaik.
3. Diperlukan penelitian lanjutan dengan optimalisasi iradiasi sinar gamma Cobalt-60 pada kisaran 50 – 100 Gy dengan menggunakan bahan tanaman yang lebih muda seperti biji dan atau planlet kultur jaringan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Organisasi Riset Tenaga Nuklir yang telah mendanai melalui Rumah Program Organisasi Riset Tenaga Nuklir TR-019 Tahun 2022.

### DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, S., Kamaruddin, N. Y., & 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.

<https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.5.4641>

Aisah, A. R., Soekarno, B. P. W., & Achmad, A. (2015). Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Pucuk pada Bibit Jabon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 28963. <https://doi.org/10.20886/jpht.2015.12.3.153-163>

Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Avendaño-Arrazate, C. H., Corrales-Lerma, R., Villarreal-Guerrero, F., Santellano-Estrada, E., & Gómez-Simuta, Y. (2019). Dosis letal media (DI50) y reducción de crecimiento (Gr50) por irradiación gamma en pasto garrapata (*Eragrostis superba*). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(1), 227–238. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4327>

Anshori, yahidah R., Aisyah, S. I., & Darusman, L. K. (2014). Induksi Mutasi Fisik dengan Iradiasi Sinar Gamma pada Kunyit (*Curcuma domestica* Val.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.29244/jhi.5.2.84-94>

Astuti, D., Sulistyowati, Y., & Nugroho, S. (2019). Uji Radiosensitivitas Sinar Gamma untuk Menginduksi Keragaman Genetik Sorgum Berkadar Lignin Tinggi. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 15(1), Article 1.

Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi Tanaman Biofarmaka Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman, 2023—

- Tabel Statistik.  
<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VVZNelkycEdWM2t5V2poTFltOVVURWR0WWs1Mlp6MDkjMw==/produksi-tanaman-biofarmaka-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman-2023.html>
- Bermawie, N., Obat, B. P. T. R. dan, Meilawati, N. L. W., Obat, B. P. T. R. dan, Purwiyanti, S., Obat, B. P. T. R. dan, Melati, M., & Obat, B. P. T. R. dan. (2020). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma (60Co) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Jahe Putih Kecil (*Zingiber officinale var. amara*).  
<https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/10789>
- Caplin, N., & Willey, N. (2018). Ionizing Radiation, Higher Plants, and Radioprotection: From Acute High Doses to Chronic Low Doses. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00847>
- Elguindy, N. M., Yacout, G. A., El Azab, E. F., & Maghraby, H. K. (2016). Chemoprotective Effect of *Elettaria Cardamomum* against Chemically induced Hepatocellular Carcinoma in Rats by Inhibiting NF- $\kappa$ B, Oxidative Stress, and Activity of Ornithine Decarboxylase. *South African Journal of Botany*, 105, 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.04.001>
- Elizar, I., Sinuraya, M., & Sipayung, R. (2018). The effect of gamma rays irradiation on the growth and flavonoid content of kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.). *Journal of Physics: Conference Series*, 1116(5), 052020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1116/5/052020>
- Fathin, T. S., Hartati, S., & Yunus, A. (2021). Diversity induction with gamma ray irradiation on *Dendrobium odoardi* orchid. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012035>
- Gowthamil, R., C. Vanniarajan, J. Souframanien, dan M. A. Pillai. (2017). Comparison of radiosensitivity of two rice (*Oryza sativa* L.) varieties to gamma rays and electron beam in M1 generation. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8 (3) : 632 – 741
- Goyal, S. N., Sharma, C., Mahajan, U. B., Patil, C. R., Agrawal, Y. O., Kumari, S., Arya, D. S., & Ojha, S. (2015). Protective Effects of Cardamom in Isoproterenol-Induced Myocardial Infarction in Rats. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(11), 27457–27469. <https://doi.org/10.3390/ijms161126040>
- Gustia, H., & Wulandari, Y. A. (2021). Radiosensitivitas dan Pengaruh Dosis Radiasi Gamma terhadap Pertumbuhan Rosella Merah (*Hibiscus sabdariffa*). *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 17(2), Article 2. <https://doi.org/10.17146/jair.2021.17.2.6024>
- Hartati, S., Setiawan, A. W., & Sulistyono, T. D. (2022). Efek Radiasi Sinar Gamma pada Pertumbuhan Vegetatif Anggrek Vanda Hibrid. *Agrotechnology Research Journal*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.20961/agrotechres.v6i2.55008>
- Herison, Rustikawati, Surjono HS & Aisyah SI. (2008). Induksi mutasi melalui sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi

- dasar jagung (*Zea mays* L.). *Akta Agrosia* 11(1):57-62
- Irfaq, M., & Nawab, K. (2003). A Study to Determine the Proper Dose of Gamma Radiation for Inducing Beneficial Genetic Variability in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 2.
- Ismachin, M. (1972). Frekuensi mutasi pada malai-malai padi varietas Early Caseriot. *Majalah BATAN*. V(4):40.
- Iwo, G. A., Amadu, C. O., Obazi, E. E., & Okafor, U. (2013). Induced mutagenesis on ginger for improved yield components and oleoresin content. *Canadian Journal of Plant Breeding*, 10(3), 90-96.
- Kementerian Pertanian. (2018). *Petunjuk Teknis Pengamatan Dan Pelaporan Organisme Pengganggu Tumbuhan Dan Dampak Perubahan Iklim (Opt-Dpi)*. Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan, Direktorat Jendral Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian RI.
- Khalil, S., Zamir, R. & Ahmad, N. (2014). Effect of different propagation techniques and gamma irradiation on major steviol glycoside's content in *Stevia rebaudiana*. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 24, 1743–1751
- Kim, J.H., M.H. Bae K., B.Y. Chung, S.G. Wi, and J.S. Kim. (2004). Alterations in the photosynthetic pigments and antioxidant machineries of red pepper (*Capsicum annum* L.) seedlings from gamma-irradiated seeds. *Journal of Plant Biology*. 47:314-321
- Kurniawan, B.A, Fajriani, S., & Ariffin. (2014). Pengaruh Jumlah Pemberian Air Terhadap Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabaccum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2 (1):59-64
- Lelang, M. A., Setiadi, A., & Fitria. (2016). Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Pada Benih Terhadap Keragaan Tanaman Jengger Ayam (*Celosia cristata* L.). *Savana Cendana*, 1(01), Article 01. <https://doi.org/10.32938/sc.v1i01.8>
- Lestari, E. P., Yunus, A., & Sugiyarto, S. (2018). Pengaruh morfologi Anggrek *Dendrobium sylvanum* dan Anggrek *Phalaenopsis* sp. Dengan pemberian iradiasi sinar Gamma. *Prosiding Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42, "Peran Keanekaragaman Hayati Dalam Mendukung Indonesia Sebagai Lumbung Pangan Dunia."*
- Maharani, S., Khumaida, N., Syukur, M., & Ardie, S. W. (2015). Radiosensitivitas dan Keragaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 43(2), Article 2. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i2.10412>
- Makhziah, M., Sukendah, S., & Koentjoro. (2017). *Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Cobalt-60 Terhadap Sifat Morfologi dan Agronomi Ketiga Varietas Jagung (Zea mays L.) (Effect of Gamma Cobalt-60 Radiation to Morphology and Agronomic of Three Maize Cultivar (Zea mays L.))*. 22, 41–45. <https://doi.org/10.18343/jipi.22.1.41>
- Ramesh, H.L., Murthy, V.N.Y., & Munirajappa. (2012). Effect of gamma radiation on morphological and growth parameters of mulberry variety M5. *International Journal of Science and Nature*. 3(2): 447-452

- Rashid, K., Daran, A. B. M., Nezhadahmadi, A., Zainoldin, K. H., Azhar, S., & Efzueni, S. (2013). The Effect of Using Gamma Rays on Morphological Characteristics of Ginger (*Zingiber officinale*) Plants. *Life Science Journal*, 10(1), Article 1.
- Saeed, A., Sultana, B., Anwar, F., Mushtaq, M., Alkharfy, K. M., & Gilani, A.-H. (2014). Antioxidant and Antimutagenic Potential of Seeds and Pods of Green Cardamom (*Elettaria cardamomum*). *International Journal of Pharmacology*, 10(8), 461–469. <https://doi.org/10.3923/ijp.2014.461.469>
- Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., & Sudarmanowa, dan E. (2015). Pengaruh Irradiasi Sinar Gammapada Pertumbuhan Kalus dan Tunas Tanaman Gandum (*Triticum aestivum* L.). *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.22146/ipas.6176>
- Singh, P. K., Sadhukhan, R., Kumar, V., & Sarkar, H. K. (2019). Gamma Rays and EMS Induced Chlorophyll Mutations in Grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*, 10(Apr, 2), 113–118.
- Singletary, K. (2022). Cardamom: Potential Health Benefits. *Nutrition Today*, 57(1), 38–49. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000507>
- Soeranto, H. (2012). *Aplikasi Teknik Nuklir Untuk Pemuliaan Sorghum*. 143–164. <https://karya.brin.go.id/id/eprint/8093/>
- Somraj, B., Reddy, R., Reddy, K. R., Saidaiah, P., & Reddy, M. T. (2017). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality attributes in heat tolerant exotic lines of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 1956–1960.
- Souissi, M., Azelmat, J., Chaieb, K., & Grenier, D. (2020). Antibacterial and anti-inflammatory activities of cardamom (*Elettaria cardamomum*) extracts: Potential therapeutic benefits for periodontal infections. *Anaerobe*, 61, 102089. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2019.102089>
- Supardi, A. (2023, March 26). Kapulaga, Rempah Asli Indonesia yang Mendunia. <https://www.mongabay.co.id/2023/03/26/kapulaga-rempah-asli-indonesia-yang-mendunia/>
- Sutapa, G. N., & Kasmawan, I. G. A. (2016). Efek Induksi Mutasi Radiasi Gamma 60 Co Pada Pertumbuhan Fisiologis Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* L. ). *Jurnal Keselamatan Radiasi dan Lingkungan*, 1(2), Article 2.
- Warid, W., Khumaida, N., Purwito, A., & Syukur, M. (2017, May 1). Pengaruh Irradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) untuk Mendapatkan Genotipe Unggul Baru Kedelai Toleran Kekeringan. *Jurnal Harian Regional*. <https://jurnal.harianregional.com/agrotrop/id-32634>
- Widaryanto, E., & Azizah, N. (2018). Perspektif Tanaman Obat Berkhasiat: Peluang, Budidaya, Pengolahan Hasil, dan Pemanfaatan. *Universitas Brawijaya Press*.
- Xiang, T.H., J.B. Yang, Q.S. Zhu, L. Li, D.H. Ni, X.F. Wang, D.N. Hang. (2002). Molecular biological effect of (CO)-C60 gamma-ray irradiation on rice

genome DNA. *Progress in Biochem Biophys* 29: 754-759

Zanzibar, M., Megawati, M., Pujiastuti, E., & Sudrajat, D. J. (2015). Iradiasi Sinar Gamma ( Co) Untuk Meningkatkan Perkecambahan 60 Dan

Pertumbuhan Bibit Tembesu ( Roxb.)fagraea Fragan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 28967.

<https://doi.org/10.20886/jpht.2015.12.3.165-174>