

## PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA ( $^{60}\text{Co}$ ) TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI JAHE PUTIH KECIL (*Zingiber officinale* var. *amarum*)

### *The Effect of Gamma Irradiation ( $^{60}\text{Co}$ ) on the Growth and Production of Small White Ginger (*Zingiber officinale* var. *amarum*)*

NURLIANI BERMAWIE, NUR LAELA W. MEILAWATI, S. PURWIYANTI, dan MELATI

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat  
Jalan Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111

e-mail:nurliani@litbang.deptan.go.id

(Diterima: 28-8-2013; Direvisi: 6-4-2015; Disetujui: 21-4-2015)

#### ABSTRAK

Keragaman genetik plasma nutfah jahe rendah sehingga perlu dilakukan peningkatan keragaman, antara lain dengan iradiasi sinar gamma. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis iradiasi terhadap pertumbuhan dan produksi jahe putih kecil. Penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat serta Kebun Percobaan Cicurug, Sukabumi pada bulan Juni 2010 sampai dengan Mei 2011. Iradiasi dilakukan di P3TIR, BATAN, Jakarta. Percobaan disusun menggunakan rancangan split plot dengan petak utama dua aksesori jahe putih kecil ZIOF 0048 dan HALINA 1 dan anak petak adalah 11 dosis iradiasi (0-50 Gy) dengan interval 5 Gy. Perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Pengamatan karakter morfologi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif pada umur 2, 3, dan 4 BST. Hasil penelitian menunjukkan aksesori berpengaruh terhadap radiosensitivitas. Aksesori HALINA 1 lebih sensitif dibandingkan dengan ZIOF 0048 ditunjukkan dengan nilai  $LD_{50}$  HALINA 1 (11,07 Gy) lebih rendah dari  $LD_{50}$  ZIOF 0048 (13,43 Gy). Interaksi aksesori pada dosis 5 dan 10 Gy memiliki nilai terbaik pada tinggi tanaman, ukuran daun serta jumlah anakan. Dosis mempengaruhi tinggi tanaman, ukuran daun, diameter dan panjang batang, serta jumlah daun. Pertumbuhan tanaman semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman. Namun, semakin tinggi dosis iradiasi, pertumbuhan tanaman semakin melambat. Pertumbuhan tanaman terbaik diperoleh pada dosis 5 Gy, dan tidak berbeda dengan kontrol. Bobot dan ukuran rimpang terbaik (964 g/rumpun) diperoleh dari HALINA 1 pada dosis 10 Gy, dan berbeda dengan kontrol (454 g/rumpun), serta perlakuan lainnya.

Kata kunci: *Zingiber officinale* var. *amarum*, iradiasi sinar gamma ( $^{60}\text{Co}$ ), keragaman genetik, mutasi, karakter morfologi.

#### ABSTRACT

Genetic variability of ginger germplasm was low, therefore it was necessary to broaden genetic variability using gamma irradiation. This research aimed to see the effect of irradiation on the growth of small white ginger. This study was conducted in the Plant Breeding Laboratory, Indonesian Spice and Medicinal Crops Research Institute and the Cicurug Experimental Garden Sukabumi from June 2010 to May 2011. Irradiation was undertaken in P3TIR, BATAN, Jakarta. The experiment was arranged in a split plot design with the main plot was two accessions HALINA 1 and ZIOF 0048, and the sub plots was 11 irradiation doses (0-50 Gy) with 5 Gy interval. The experiment was replicated three times. Parameters observed were quantitative and qualitative characters at 2,3 and 4 months after planting (MAPs). Results showed that accession influenced radiosensitivity. Accession HALINA 1 was more radiosensitive than ZIOF 0048, indicated by  $LD_{50}$  of HALINA 1 was 11.0693 Gy, lower than ZIOF 0048 13.4254 Gy. Interaction between accessions at 5 and 10 Gy showed the highest plant height, leaf size, and number of shoots. Irradiation dose

affected plant height, leaf size, stem diameter and length, and number of leaf. The plant growth increased in conjunction with plant age, but the higher irradiation dose, the growth of plants slowed down. The best plant growth was obtained from 5 Gy, not different from control. The highest rhizome weight (964 g/plant) was obtained from HALINA 1 treated with 10 Gy, differ from control (545 g/plant) and the other treatments.

Keywords: *Zingiber officinale* var. *amarum*, gamma irradiation ( $^{60}\text{Co}$ ), genetic variability, mutation, morphological characters.

#### PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale* Rosc) merupakan salah satu tanaman obat yang memiliki banyak manfaat kesehatan, antara lain untuk anti-inflamasi, antipiretik, *gastroprotective*, *cardiotonic* dan antihepatotoksik (JOLADet *et al.*, 2004), antioksidan, anti-kanker, anti-inflamasi, anti-angiogenesis dan anti-atherosclerotic (SHUKLA dan SINGH, 2007). Di Indonesia dikenal 3 varietas jahe yakni jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*), jahe putih kecil (*Z. officinale* var. *amarum*) dan jahe putih besar (*Z. officinale* var. *officinale*) berdasarkan ukuran dan warna rimpang (RUGAYAH, 1994). Jahe putih kecil banyak dimanfaatkan dalam industri jamu dan minuman kesehatan namun ketersediaannya terbatas (AMELIA, 2009). Keterbatasan suplai antara lain disebabkan oleh serangan berbagai organisme pengganggu seperti penyakit layu bakteri, bercak daun, busuk rimpang dan lalat rimpang (SISWANTO *et al.*, 2009) yang menyebabkan produksi dan mutunya rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dirakit varietas tahan.

Keberhasilan perakitan varietas tahan melalui pemuliaan sangat ditentukan oleh ketersediaan materi genetik dengan keragaman genetik yang luas (SMITH dan DUVICK, 1989). Jahe merupakan tanaman introduksi dan selalu diperbanyak secara vegetatif sehingga keragaman genetiknya sempit (WAHYUNI *et al.*, 2003). Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keragaman genetik adalah dengan induksi mutasi (SUWARNO dan SILITONGA, 2006). Mutasi merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan keragaman genetik pada tanaman yang keragaman genetiknya rendah dan sulit untuk

dilakukan perbaikan varietas secara konvensional seperti jahe. Mutasi dapat diinduksi secara fisik dengan menggunakan sinar gamma. Mutasi melalui iradiasi sinar gamma telah memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan tanaman di dunia, lebih dari 3600 varietas dari 170 jenis tanaman telah dilepas (IAEA, 2010).

Tingkat keberhasilan iradiasi untuk meningkatkan keragaman populasi sangat ditentukan oleh radiosensitivitas tanaman (ASADI, 2011). Radiosensitivitas adalah alat ukur yang digunakan untuk memberikan gambaran tentang efek iradiasi terhadap objek yang diiradiasi (MORISHITA *et al.*, 2003). Radiosensitivitas juga digunakan untuk mengetahui dosis yang menyebabkan tanaman mati atau penghambatan pertumbuhan sebesar 50% (LD<sub>50</sub>). Pada LD<sub>50</sub> peluang untuk terjadinya mutasi yang diharapkan lebih tinggi (BRUNNER, 1995). Penentuan kurva radiosensitivitas dan LD<sub>50</sub> sangat perlu dilakukan untuk menentukan dosis yang tepat untuk menghasilkan frekuensi mutasi (persentase yang termutasi) yang diharapkan tinggi.

Terdapat dua faktor yang dapat menyebabkan perbedaan radiosensitivitas, yaitu biologi (genetik) dan lingkungan (BROERTJES dan VAN HARTEN, 1988; ALBOKARI *et al.*, 2012). Faktor biologi meliputi perbedaan ukuran dalam inti sel, volume inti (*nuclear volume*), dan kromosom saat interfase suatu spesies. Sedangkan faktor lingkungan antara lain suhu dan kelembaban.

Perlakuan iradiasi sinar gamma<sup>60</sup>Co dosis rendah pada rimpang jahe dapat memacu pertumbuhan. Namun, pada dosis tinggi (5-6 Gy) dapat menghambat pertumbuhan (NWACHUKWU *et al.*, 1994; IWO *et al.*, 1994). Hasil penelitian MARISKA *et al.* (2006) menunjukkan iradiasi sinar gamma 1000 rad dapat menginduksi ketahanan pada pisang ambon kuning terhadap penyakit layu *Fusarium*. Dalam program pemuliaan, penentuan dosis mutasi yang sesuai untuk setiap jenis atau genotipe tanaman sangat penting agar menghasilkan mutan sesuai dengan yang diharapkan (SHAH *et al.*, 2008; ALBOKARI *et al.*, 2012).

Keberhasilan iradiasi sinar gamma dalam meningkatkan keragaman genetik pada berbagai jenis tanaman akan dicoba pada jahe. Namun setiap tanaman memiliki radiosensitivitas yang berbeda sehingga dosis iradiasi yang dapat menimbulkan keragaman pada setiap tanaman ditentukan kondisi fisiologi dan genetik tanaman antara lain jenis dan varietas. Penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dua aksesi jahe putih kecil.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni 2010 sampai dengan Mei 2011. Iradiasi sinar gamma dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR BATAN), Jakarta. Penyemaian rimpang dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor dan penanamannya di KP. Cicurug,

Sukabumi. Penelitian disusun dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*split plot*) dengan dua faktor. Petak utama adalah dua aksesi jahe putih kecil, yaitu varietas unggul HALINA 1 dan aksesi ZIOF 0048 sedangkan anak petak adalah 11 dosis iradiasi (0-50 Gy) dengan interval 5 Gy. HALINA 1 merupakan varietas unggul jahe putih kecil yang sudah dilepas namun peka terhadap berbagai OPT antara lain penyakit bercak daun dan layu bakteri. Setiap perlakuan terdiri dari 25 tanaman dan diulang tiga kali.

Rimpang jahe yang digunakan sebagai bibit berukuran 50 g, berumur 10 BST, berserat banyak dan kasar, kulit luar tidak mudah mengelupas, dan bernas. Rimpang jahe diiradiasi dengan sinar gamma sesuai dosis yang telah ditentukan, kemudian ditunaskan di dalam bak persemaian dengan media tanam cocopit. Rimpang yang telah disemai dan bertunas (berumur 1 bulan), ditanam pada polibag berukuran 60 cm × 60 cm dengan menggunakan media campuran pupuk kandang dan tanah (2 : 1). Pupuk buatan SP-36 dan KCl sebanyak 2 g per polybag diberikan juga saat tanam. Pupuk urea diberikan tiga kali, yaitu saat tanaman berumur 1, 2, dan 3 bulan setelah tanam (BST) sebanyak 1 g per polybag setiap pemberian. Pemeliharaan terdiri dari penyiraman, penyiangan gulma, dan pembumbunan sesuai Standar Operasional Prosedur Budidaya Jahe (ROSTIANA *et al.*, 2009).

Pengamatan dilakukan pada persentase tumbuh tanaman, dan karakter morfologi (kuantitatif dan kualitatif) yang dilakukan saat tanaman berumur 2,3, dan 4 BST mengacu pada Pedoman Karakterisasi Morfologi Tanaman Jahe (BERMAWIE, 2007), yaitu tinggi tanaman (cm), jumlah daun, panjang dan lebar daun (cm), bentuk dan warna daun. Warna daun diamati dengan menggunakan *Colour Chart* dari *Royal Horticultural Society* (RHS, 2007). Pengamatan karakter rimpang (bobot dan ukuran) dilakukan pada waktu panen umur 9 BST.

Nilai LD<sub>50</sub> dan LD<sub>100</sub> dapat dihitung dengan persamaan regresi linier menggunakan program *best-fitting curve* dengan nilai  $r \leq 1$ . Frekuensi mutan dihitung dari jumlah tanaman yang mengalami perubahan karakter morfologi (khimera) per jumlah tanaman yang hidup dikalikan 100%. Data morfologi kuantitatif dianalisis dengan menggunakan ANOVA taraf kepercayaan 95%. Jika terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan maka dilanjutkan dengan uji nilai tengah DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persentase Tanaman Hidup

Semakin tinggi dosis iradiasi, persentase tanaman yang hidup semakin berkurang (Tabel 1). Perlakuan dosis iradiasi 15 Gy mengakibatkan terjadinya penurunan persentase tumbuh. Pada dosis yang lebih tinggi (20-50 Gy) tidak ada satupun tanaman yang tumbuh.

Tabel 1. Persentase tumbuh jahe hasil iradiasi umur 2,3, dan 4 BST  
 Table 1. Growth percentage of irradiated ginger at 2,3, and 4 MAPs

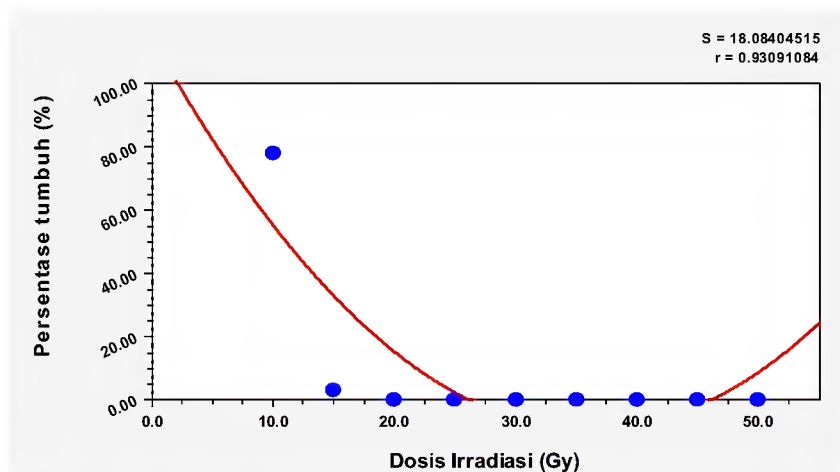
Aksesi/Accession	Dosis iradiasi Irradiation dose (Gy)	Umur tanaman (bulan)/Plant age (months)		
		2	3	4
HALINA 1	0	90,67	92,00	92,00
	5	70,67	90,67	96,00
	10	28,00	48,00	72,00
	15	-	-	2,67
	20	-	-	-
	25	-	-	-
	30	-	-	-
	35	-	-	-
	40	-	-	-
	45	-	-	-
	50	-	-	-
ZIOF 0048	0	92,00	92,00	92,00
	5	86,67	86,67	86,67
	10	77,33	85,33	85,33
	15	8,00	42,67	58,67
	20	-	-	-
	25	-	-	-
	30	-	-	-
	35	-	-	-
	40	-	-	-
	45	-	-	-
	50	2,67	2,67	2,67

Keterangan: - tanaman tidak tumbuh  
 Note: - unable to grow

Dosis iradiasi yang menyebabkan kematian tanaman sebanyak 50% (LD<sub>50</sub>) pada aksesi HALINA 1 diperoleh dari hasil analisis regresi (Gambar 1). Pola respon persentase tanaman hidup yang dihasilkan oleh tanaman jahe putih kecil aksesi HALINA 1 berupa kuadratik dengan persamaan regresi  $y = 114,08811 - 6,8383786x + 0,094659207x^2$ . Nilai LD<sub>50</sub> untuk aksesi HALINA 1 dicapai pada dosis 11,0693 Gy. Dosis LD<sub>50</sub> pada penelitian ini jauh lebih tinggi dari yang dilaporkan NWACHUKWU *et al.* (1994) dan IWO *et al.* (2013) yang mendapatkan LD50 pada jahe sekitar 5-9 Gy, yang menunjukkan lebih radiosensitif.

Perbedaan ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan genetik (varietas) jahe yang digunakan.

Semakin bertambah umur, persentase tanaman yang hidup akibat perlakuan dosis iradiasi semakin meningkat. Pada saat panen (10 BST), perlakuan dosis iradiasi 0-10 Gy masih menghasilkan persentase tanaman hidup > 50%, sedangkan 15 Gy hanya 4%. Hal ini menunjukkan dosis 15 Gy kemungkinan telah mengakibatkan terjadinya kerusakan pada DNA tanaman sehingga banyak tanaman mengalami kematian. Dosis iradiasi yang menyebabkan kematian tanaman mencapai 100% pada aksesi HALINA 1 dicapai pada 26,15 Gy.



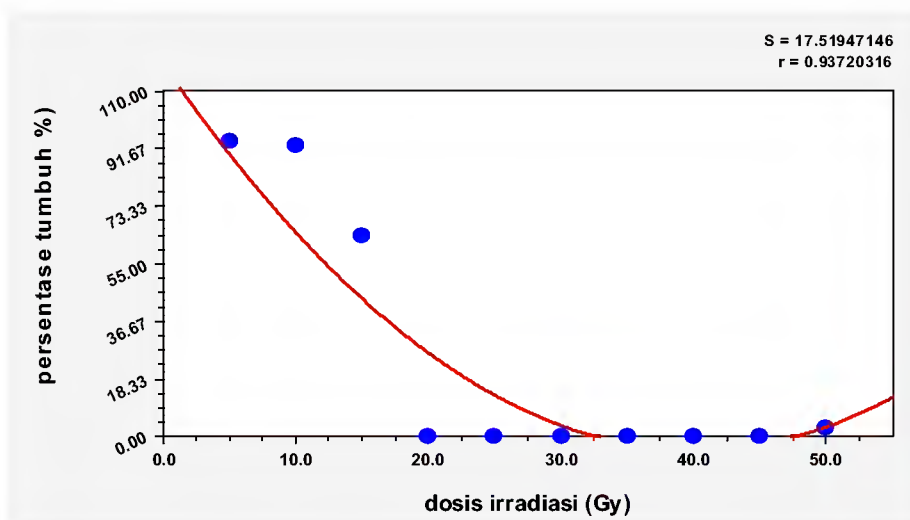
Gambar 1. Persentase tanaman hidup aksesi HALINA 1 setelah iradiasi sinar gamma  
 Figure 1. Percentage of plant growth accession HALINA 1 after gamma irradiation

Aksesori ZIOF 0048 menunjukkan radiosensitivitas yang berbeda dengan HALINA 1. Sampai dengan dosis 15 Gy, persentase tanaman hidup masih mencapai > 50%, dan saat panen masih bertahan 28%. Pada dosis lebih tinggi hanya tanaman yang diberi perlakuan iradiasi 50 Gy yang hidup, namun persentase tumbuhnya kurang dari 5%. Hal ini mungkin disebabkan adanya perbedaan umur, ukuran, dan kadar air rimpang. Rimpang tua memiliki kadar air rendah dan ukuran rimpang besar yang mengakibatkan sensitivitas terhadap dosis iradiasi rendah. Hasil ini sesuai dengan MAHMUD *et al.* (2008) yang menyatakan ukuran materi dan genotipe mempengaruhi sensitivitas tanaman terhadap radiasi. Abnormalitas yang terjadi akibat iradiasi dosis tinggi pada aksesori ZIOF 0048 kemungkinan karena adanya perubahan tingkat genom, kromosom, dan DNA atau gen yang sangat besar. Kerusakan genom yang besar menyebabkan proses fisiologis yang dikendalikan secara genetik di dalam tanaman menjadi tidak normal dan menimbulkan variasi-variasi yang baru (SOERANTO, 2003). Pola respon persentase tanaman tumbuh yang dihasilkan oleh tanaman jahe putih kecil aksesori ZIOF 0048 (Gambar 2) mempunyai model persamaan regresi kuadratik dengan persamaan  $Y = 118,34622 - 6,1131268x + 0,076148718x^2$ . Nilai LD<sub>50</sub> aksesori ZIOF 0048 adalah 13,4254 Gy, sedangkan LD<sub>100</sub> dicapai pada dosis 32,59 Gy.

Aksesori HALINA 1 dan ZIOF 0048 menunjukkan radiosensitivitas yang berbeda. Aksesori HALINA 1 lebih radiosensitif jika dibandingkan ZIOF 0048. Hal ini ditunjukkan oleh nilai LD<sub>50</sub> (11,0693 Gy) aksesori HALINA 1 yang lebih rendah dari ZIOF 0048 (13,4254 Gy).

Keberhasilan upaya radiasi untuk meningkatkan keragaman populasi sangat ditentukan oleh radiosensitivitas tanaman. Selain faktor tersebut, bagian, stadia perkembangan sel, jumlah kromosom, dan umur jaringan tanaman, oksigen, temperatur, dan dosis iradiasi juga sangat berpengaruh terhadap radiosensitivitas. Aksesori HALINA 1 kemungkinan memiliki kadar air yang lebih tinggi dibanding ZIOF 0048 sehingga memiliki tingkat radiosensitivitas lebih tinggi. HERISON *et al.* (2008) menyatakan semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H<sub>2</sub>O) materi yang diiradiasi, semakin banyak radikal bebas yang terbentuk sehingga tanaman menjadi lebih sensitif.

Secara visual, tingkat sensitivitas materi genetik yang diiradiasi dapat diamati dari respon yang diberikan tanaman, baik dari karakter morfologi tanaman, sterilitas, maupun berdasarkan nilai LD<sub>50</sub> (ALBOKARI *et al.*, 2012). Umumnya, mutasi yang diinginkan terletak pada kisaran LD<sub>50</sub>. LD<sub>50</sub> dianggap sebagai dosis yang akan menghasilkan frekuensi mutasi tertinggi. Pada dosis mutasi yang tinggi akan menyebabkan kerusakan DNA lebih parah sehingga menimbulkan berbagai perubahan genetik yang tidak diinginkan (BRITT, 1996). Sementara itu, dosis rendah (LD<sub>25</sub> atau LD<sub>35</sub>) menyebabkan kerusakan DNA lebih kecil, namun frekuensi mutasi yang tidak diharapkan lebih rendah sehingga peluang untuk mendapatkan mutan yang diinginkan lebih tinggi (ALBOKARI *et al.*, 2012). LD<sub>50</sub> dapat diukur berdasarkan persentase tumbuh maupun karakter morfologi, seperti tinggi tanaman. Nilai LD<sub>50</sub> pada tanaman rosella diukur berdasarkan tinggi tanaman (HARDING dan MOHAMAD, 2009).



Gambar 2. Persentase tanaman hidup aksesori ZIOF 0048 setelah iradiasi sinar gamma  
 Figure 2. Percentage of plant growth accession ZIOF 0048 after gamma irradiation

**Karakter Morfologi Kuantitatif**

Pengaruh interaksi antara aksesi dan dosis iradiasi tampak pada beberapa karakter morfologi tinggi tanaman, panjang, lebar dan tebal daun, serta dan jumlah anakan saat tanaman berumur 2 dan 3 BST. Namun, saat tanaman berumur 4 BST hanya karakter jumlah daun yang masih dipengaruhi oleh interaksi aksesi dan dosis iradiasi (Tabel 2).

Saat tanaman berumur 2 dan 3 BST, aksesi HALINA 1 tanpa iradiasi, HALINA 1 yang diiradiasi dengan dosis 5 Gy, ZIOF 0048 tanpa iradiasi, dan ZIOF 0048 yang diiradiasi dengan dosis 5 Gy menunjukkan pertumbuhan terbaik jika dibandingkan dengan tanaman yang diberikan

dosis iradiasi lainnya. Pertumbuhan terendah ditunjukkan oleh HALINA 1 dan ZIOF 0048 yang diiradiasi dengan dosis 15 Gy. Semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, pertumbuhan tanaman jahe putih kecil semakin terhambat. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian NWACHUKWA *et al.* (1994) dan IWO *et al.* (2013) pada jahe yang menunjukkan semakin tinggi dosis iradiasi (9 Gy), tinggi tanaman, jumlah anakan, dan ukuran daun semakin mengecil. Demikian pula pada *Curcuma alismatifolia*, memperlihatkan semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan ukuran tanaman semakin rendah (ABDULLAH *et al.*, 2009).

Tabel 2. Pengaruh interaksi antara aksesi dan dosis iradiasi terhadap tinggi tanaman, panjang, lebar, dan tebal daun, serta diameter batang jahe putih kecil umur 2 dan 3 BST

Table 2. Interaction between accession and irradiation dose on plant height, leaf length, width, and thickness, and stem diameter on 2 and 3 MAPs

Aksesi/Accession	Dosis iradiasi/Irradiation dose (Gy)	Umur (BST)/Plant age (MAPs)	
		2	3
<b>Tinggi tanaman/Plant height (cm)</b>			
HALINA 1	0	32,62 a	45,50 a
	5	30,37 a	40,22 a
	10	23,42 a	29,16 a
	15	0,00 b	0,00 b
ZIOF 0048	0	37,11 a	45,18 a
	5	35,43 a	42,40 a
	10	23,74 a	33,01 a
	15	17,05 a	17,25 a
KK/CV (%)		17,710	10,970
<b>Panjang daun/Leaf length (cm)</b>			
HALINA 1	0	15,64 a	18,52 a
	5	14,64 a	17,71 a
	10	10,84 a	14,08 a
	15	0,00 b	0,00 b
ZIOF 0048	0	16,70 a	18,46 a
	5	16,18 a	19,38 a
	10	11,67 a	15,44 a
	15	8,78 a	8,70 a
KK/CV (%)		13,56	9,76
<b>Lebar daun/Leaf width (cm)</b>			
HALINA 1	0	2,31 a	2,44 a
	5	2,15 a	2,39 a
	10	1,78 a	1,99 a
	15	0,00 b	0,00 b
ZIOF 0048	0	2,32 a	2,26 a
	5	2,21 a	2,27 a
	10	1,97 a	1,99 a
	15	1,90 a	1,70 b
KK/CV (%)		11,07	6,89
<b>Tebal daun/Leaf thickness (mm)</b>			
HALINA 1	0	0,17 a	0,17 a
	5	0,16 a	0,16 a
	10	0,17 a	0,15 a
	15	0,00 b	0,00 b
ZIOF 0048	0	0,19 a	0,15 a
	5	0,17 a	0,15 a
	10	0,16 a	0,15 a
	15	0,15 a	0,15 a
KK/CV (%)		10,69	10,64
<b>Diameter batang/Stem diameter (cm)</b>			
HALINA 1	0	6,30 a	6,75 a
	5	6,06 a	6,67 a
	10	5,45 a	5,98 a
	15	0,00 b	0,00 b
ZIOF 0048	0	6,61 a	7,14 a
	5	6,39 a	6,83 a
	10	5,27 a	5,93 a
	15	4,44 a	4,61 a
KK/CV (%)		10,54	6,86

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama masing-masing karakter tidak beda nyata pada Uji Berganda Duncan taraf 5%.  
 Note: Numbers followed by the same letters on each characteristic column are not significantly different by DMRTat 5%.

Tabel 3. Interaksi antara aksesori dan dosis iradiasi pada karakter jumlah anakan umur 2, 3, dan 4 BST  
 Table 3. Interaction between accessions and irradiation dose on number of shoots at 2,3, and 4 MAPs

Aksesori/Accession	Dosis iradiasi/Irradiation dose Gy	Umur (BST)/Plant age (MAPs)					
		2		3		4	
HALINA 1	0	2,13	A	4,15	a	8,41	a
	5	1,55	A	3,24	b	6,27	a
	10	1,09	A	2,13	b	3,12	a
	15	0,00	B	0,00	b	1,00	b
ZIOF 0048	0	4,18	A	8,23	a	13,62	a
	5	3,48	A	7,37	a	12,4	a
	10	2,13	A	3,66	a	6,79	a
	15	1,30	A	1,94	a	2,23	a
KK/CV (%)		14,78		17,65		16,92	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak beda nyata menurut Uji Berganda Duncan taraf 5%.  
 Note: Numbers followed by the same letters on each column are not significantly different by DMRT at 5%.

Jumlah anakan terbaik aksesori HALINA 1 pada dosis radiasi 0, 5, dan 10 Gy terlihat pada saat jahe berumur 2 dan 4 BST (Tabel 3). Sementara itu, pertumbuhan jumlah anakan terbaik ZIOF 0048 diperoleh pada umur 2, 3, dan 4 BST pada dosis 0,5, dan 10 Gy. Beberapa karakter menunjukkan aksesori tidak berinteraksi dengan dosis iradiasi (Tabel 4a dan Tabel 4b). Aksesori mempengaruhi pertumbuhan panjang batang umur 2 dan 3 BST serta jumlah daun umur 2, 3, dan 4 BST. Aksesori ZIOF 0048 memiliki batang yang lebih panjang dibandingkan HALINA 1 saat tanaman berumur 2 BST. Namun, saat 3 BST, batang HALINA 1 menjadi lebih panjang dibandingkan ZIOF 0048. Jumlah daun aksesori ZIOF 0048 lebih banyak dibandingkan HALINA 1 pada seluruh umur pengamatan. Radiosensitivitas yang berbeda dapat menyebabkan perubahan genetik dan kerusakan fisiologis dari materi tanaman yang diradiasi (BROERTJES dan VAN HARTEN, 1988). Kerusakan fisiologis ini biasanya berupa penghambatan pertumbuhan sehingga tanaman menjadi kerdil. Dosis iradiasi mempengaruhi

karakter tinggi, panjang daun, dan tebal daun, serta diameter batang saat tanaman berumur 4 BST. Sementara panjang batang dipengaruhi oleh dosis iradiasi pada umur 2, 3, dan 4 BST serta jumlah daun pada 2, 3, dan 4 BST (Tabel 4a). Semakin bertambahnya umur tanaman, pertumbuhannya meningkat. Namun, semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan pertumbuhannya semakin melambat atau tanaman menjadi kerdil. Pemberian dosis 5 Gy menunjukkan penampilan pertumbuhan tanaman terbaik dan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Pertumbuhan tanaman yang diberi dosis iradiasi 10 Gy lebih rendah dibandingkan 0 dan 5 Gy. Pertumbuhan tanaman semakin menurun saat diperlakukan 15 Gy. Semakin tinggi aplikasi dosis iradiasi sinar gamma yang diberikan, maka daun semakin pendek. Hal yang sama juga diperlihatkan pada penelitian NWACHUKWA *et al.* (1994) yang menunjukkan dosis iradiasi sinar gamma menyebabkan penurunan ukuran daun pada jahe.

Tabel 4a. Pengaruh aksesori dan dosis iradiasi terhadap tinggi tanaman, panjang batang, jumlah daun dan panjang daun umur 2, 3, dan 4 BST

Table 4. Effect of accessions and irradiation dose plant height, stem length, number of leaf and leaf length at 2,3 and 4 MAPs

Perlakuan/ Treatment	Tinggi tanaman/Plant height (cm)			Panjang batang/Stem length (cm)			Jumlah daun/Number of leaf			Panjang daun/Leaf length (cm)		
	Bulan Setelah Tanam (BST)/Months After Planting (MAPs)											
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Aksesori/Accession												
HALINA 1	21,65 b	28,72 b	37,57 a	12,17 b	19,57 a	22,58 a	4,41 b	8,15 b	10,7 b	10,28 b	12,58 b	15,23 a
ZIOF 0048	28,33 a	34,46 a	37,79 a	15,60 a	16,49 b	24,00 a	6,76 a	9,89 a	11,7 a	13,33 a	15,49 a	15,79 a
Dosis/Dose												
0 (Kontrol/Control)	34,86 a	45,34 a	49,85 a	19,96 a	27,27 a	32,60 a	8,45 a	12,12 a	13,7 a	16,17 a	18,54 a	19,14 a
5 Gy	33,00 a	41,31 a	46,16 a	18,24 a	24,25 a	29,84 a	7,83 a	11,84 a	13,5 b	15,41 a	18,49 a	18,79 a
10 Gy	23,58 b	31,08 b	36,74 b	13,52 b	16,68 b	20,69 b	4,72 b	9,77 b	10,3 c	11,26 b	14,76 b	15,00 b
15 Gy	8,53 c	8,63 c	17,96 c	3,83 c	3,94 c	10,04 c	1,33 c	2,38 c	7,2 d	4,39 c	4,35 c	9,11 c
KK/CV (%)	17,71	10,97	10,92	20,49	13,93	14,55	13,62	15,07	9,42	13,56	9,76	11,74

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing parameter tidak beda nyata pada Uji berganda Duncan pada taraf 5%.  
 Note: Numbers followed by the same letters on each parameter are not significantly different at 5% DMRT.

Tabel 4b. Pengaruh aksesi dan dosis iradiasi terhadap lebar dan tebal daun, diameter batang dan jumlah anakan umur 2, 3, dan 4 BST

Table 4b. Effect of accessions and irradiation dose on leaf width and thickness, stem diameter and number of shoots at 2,3, and 4 MAPs

Perlakuan/ Treatment	Tinggi tanaman/ <i>Plant height</i> (cm)			Panjang batang/ <i>Stem length</i> (cm)			Jumlah daun/ <i>Number of leaf</i>			Panjang daun/ <i>Leaf length</i> (cm)		
	Bulan Setelah Tanam (BST)/ <i>Months After Planting (MAPs)</i>											
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
<i>Aksesi/Accession</i>												
HALINA 1	01,56 b	1,71 b	2,18	00,12 b	00,12 b	00,17	04,45 b	4,85 b	06,53	01,19 b	02,38 b	04,70 b
ZIOF 0048	02,10 a	2,09 a	2,15	00,17 a	00,15 a	00,17	05,68 a	6,13 a	06,77	02,77 a	05,29 a	08,76 a
<i>Dosis/Dose</i>												
0 (Kontrol/ <i>Control</i> )	02,32 a	2,35 a	2,47 a	00,18 a	00,16 a	00,18 a	06,46 a	6,95 a	07,53 a	03,16 a	06,19 a	11,02 a
5 Gy	02,18 a	2,33 a	2,38 a	00,17 a	00,16 a	00,18 a	06,22 a	6,75 a	07,52 a	02,52 b	05,30 b	09,34 b
10 Gy	01,88 b	2,06 b	2,18 b	00,17 a	00,15 a	00,17 a	05,36 b	5,95 b	06,95 a	01,61 c	02,89 c	04,96 c
15 Gy	00,95 c	0,85 c	1,65 c	00,08 b	00,07 b	00,14 b	02,22 c	2,30 c	04,6 b	00,65 d	00,97 d	01,62 d
KK/CV (%)	11,07	6,89	4,74	10,69	10,64	11,49	10,54	6,86	10,02	14,78	17,65	16,92

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing parameter tidak beda nyata pada Uji berganda Duncan pada taraf 5%.

Note: Numbers followed by the same letters on each parameter are not significantly different at 5% DMRT.

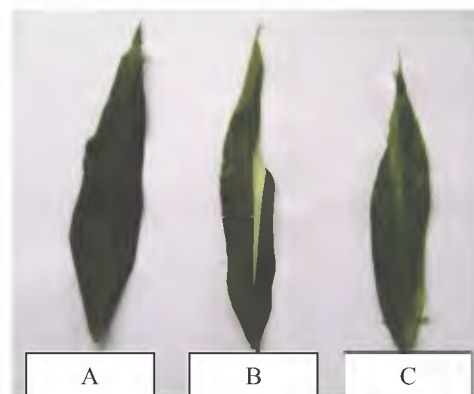
### Karakter Morfologi Kualitatif

Iradiasi dengan dosis 10 dan 15 Gy mengakibatkan mutasi pada karakter morfologi jahe. Tanaman yang telah diiradiasi mengalami beberapa abnormalitas, seperti adanya bentuk daun yang tidak sempurna, ujung daun menjadi tidak simetris, di bagian tengah daun terdapat guratan berwarna putih dan kuning, serta terbentuknya batang yang bercabang dua (memiliki dua titik tumbuh). Padahal jahe secara umum memiliki bentuk daun lanset, tepi halus, pangkal meruncing, ujung runcing, serta tekstur permukaan atas dan bawah daun berbulu halus, berwarna putih, dan berbatang tunggal. Warna daun muda jahe masuk pada kelompok Green Group 143 A, sedangkan warna daun tua Green Group 139 A (RHS, 2007).

Aksesi ZIOF 0048 yang diberi perlakuan dosis iradiasi 15 Gy mengakibatkan terbentuknya mutan dengan frekuensi 57%. Sementara itu, frekuensi pada HALINA 1 dan ZIOF 0048 dosis 10 Gy sebanyak 5,9%. Diduga, perubahan morfologi (Gambar 3) akibat aplikasi iradiasi

hanya menyebabkan kerusakan pada kromosom daun sehingga proses fotosintesis terganggu. Hal ini ditunjukkan dengan warna daun berubah menjadi albino, dan perubahan pada bentuk daun, sedangkan karakter morfologi lainnya tidak berubah. Hasil ini menunjukkan pemuliaan mutasi pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, seperti jahe, lebih efektif karena dapat mengubah satu atau beberapa karakter tanpa mengubah karakteristik kultivar asalnya. Induksi mutasi pada daun tanaman *Caladium* spp., terbentuk mutan albino (NARIAH, 2008).

Sinar gamma merupakan iradiasi elektromagnetik energi tinggi yang dihasilkan dari fisi nuklir. Iradiasi dosis tinggi dapat menyebabkan kematian tanaman, namun pada dosis rendah dapat menginduksi keragaman, seperti daun yang tidak berkembang atau berubah bentuk, pola pertumbuhan yang tidak normal, bahkan dapat juga meningkatkan ukuran organ tanaman, produksi, dan mutu (EL SHERIF *et al.*, 2011).



Gambar 3. Morfologi daun jahe normal (A), khimera pada daun dengan bercak albino (B), dan bentuk daun tidak normal (C) dari dosis iradiasi 5 Gy.

Figure 3. Normal leaf morphology (A), chimera leaf with albino stripe (B), abnormal leaf shape (C) from irradiation at 5 Gy.

Iradiasi hanya mengubah susunan kromosom (patah, hilang, atau sambung) menjadi kromosom baru, sehingga sifat tanaman yang muncul dari hasil radiasi tidak akan menular ke tanaman lain (DWIMAHYANI, 2007). Variasi yang terbentuk akibat iradiasi tidak mempengaruhi semua sifat dan tidak selalu menguntungkan di dalam pertanian. Namun, dengan seleksi kemungkinan dapat diperoleh nomor-nomor yang berguna dari sumber variasi tersebut.

**Hasil dan Komponen Hasil Rimpang**

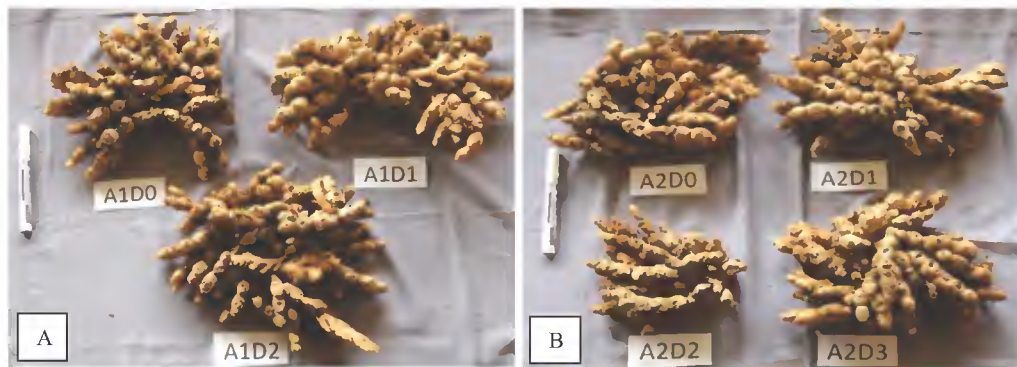
Iradiasi dapat meningkatkan keragaman pada karakter hasil dan komponen hasil, seperti pada parameter bobot, panjang, lebar, dan tinggi rimpang, serta jumlah propagul (Tabel 5). Perlakuan iradiasi pada HALINA 1 dengan dosis

10 Gy menghasilkan bobot rimpang yang tertinggi dan berbeda nyata dengan kontrol (Gambar 4), sedangkan pada ZIOF 0048 tidak berbeda nyata dengan kontrol. HALINA 1 lebih respon terhadap iradiasi dibandingkan dengan ZIOF 0048. Hasil ini sesuai dengan BANERJI dan DATTA (1992) yang menyatakan genotipe tanaman memiliki radiosensitivitas yang berbeda. Ini menunjukkan bahwa telah terjadi mutasi akibat iradiasi yang meningkatkan bobot rimpang jahe. Hasil ini sesuai dengan IWO *et al.* (2013) bahwa iradiasi menghasilkan mutan dengan tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah propagul dan bobot rimpang per plot yang lebih tinggi dari produksi rata-rata tanaman jahe yang tidak diradiasi.

Tabel5. Bobot dan ukuran rimpang jahe putih kecil hasil iradiasi sinar gamma  
 Table 5. Small white ginger rhizome size and weight after gamma irradiation

Aksesi/Dosis iradiasi Accession/Irradiation dose (Gy)	Rimpang/Rhizome						Jumlah Propagul Number of propagules
	Bobot Weight (g)	Panjang Length (cm)	Lebar Width (cm)	Tinggi Height (cm)			
HALINA 1							
0	453,9 bc	23,1 bc	13,78 b	9,01 dc			18,83 b
5	685,6 ab	27,0 ab	16,12 ab	11,91 a			22,56 b
10	964,2 a	32,4 a	22,59 a	11,29 ab			34,61 a
ZIOF 0048							
0	435,8 bc	24,4 bc	13,25 b	9,97 bc			16,97 b
5	479,4 bc	25,2 bc	13,25 b	10,02 bc			20,72 b
10	258,3 c	20,3 c	8,90 b	7,56 d			13,42 b
15	520,0 bc	24,6 bc	15,65 ab	10,35 abc			21,67 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT,  
 Note: Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different at 5 % DMRT,



Gambar4. Penampilan rimpang jahe putih kecil hasil iradiasi,(A) A1=HALINA1, (B)A2=ZIOF 0048, D0=dosis 0 (kontrol), D1=5 Gy, D2=10 Gy, D3=15Gy,  
 Figure 4. Small white ginger performances after gamma irradiation, (A) A1=HALINA1, (B) A2=ZIOF 0048, D0=0 Gy (control), D1=5 Gy, D2=10Gy, D3=15 Gy



Iradiasi sinar gamma pada tanaman merupakan mutagen fisik penting yang telah menghasilkan mutan dengan produktivitas tinggi (SHARMA dan RANA, 2007; SHARMA dan MISRA, 2007). Iradiasi sinar gamma pada jahe telah menghasilkan mutan dengan produktivitas rimpang 21-37 t/ha, yang jauh lebih tinggi dari rata-rata rimpang yang tidak diradiasi (6.5 t/ha) (IWO *et al.*, 2013). Selain produktivitas, peningkatan ketahanan terhadap herbisida klorosulfuron dan toleransi terhadap imidazilone pada tanaman jagung, ketahanan terhadap *Helminthosporium sativum* pada gandum dan barley, toleransi terhadap garam pada rami, pembekuan, kualitas butir, dan kandungan protein pada gandum, serta peningkatan ukuran biji dengan kandungan protein yang tinggi pada padi (HUTAMI *et al.*, 2006) dapat terjadi pula akibat iradiasi sinar gamma.

Untuk tujuan pemuliaan, perlakuan mutasi yang menimbulkan perubahan fisiologis rendah dan perubahan genetik tinggi lebih diharapkan (EL SHERIF *et al.*, 2011). Mutasi telah berperan sangat nyata dalam perbaikan tanaman di dunia, dan sebagian besar varietas mutan diperoleh dari induksi mutasi dengan sinar gamma (AHLUOWALIA *et al.*, 2004). Induksi mutasi dengan radiasi sinar gamma pada tanaman jahe secara nyata meningkatkan keragaman genetik berdasarkan pertumbuhan dan karakter morfologi, termasuk hasil rimpang. Teknik ini juga diharapkan dapat digunakan untuk merubah sifat-sifat penting lain, seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit, maupun mutu.

#### KESIMPULAN

Iradiasi sinar gamma menurunkan ukuran semua parameter morfologi pada jahe putih kecil. Semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan pertumbuhan tanaman semakin terhambat, ditunjukkan oleh persentase tanaman hidup yang semakin rendah. Aksesori berpengaruh terhadap radiosensitivitas. Varietas HALINA 1 lebih sensitif dibandingkan dengan aksesori ZIOF 0048 ditunjukkan dengan nilai LD<sub>50</sub> yang lebih rendah. Interaksi aksesori HALINA 1 pada dosis 5 dan 10 Gy serta aksesori ZIOF 0048 pada dosis 5 dan 10 Gy memiliki nilai pertumbuhan terbaik pada pertumbuhan tinggi tanaman, panjang, lebar, dan tebal daun, serta jumlah anakan yang terbaik. Dosis mempengaruhi karakter tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, tebal daun dan diameter batang; panjang batang saat tanaman berumur 4 BST, serta jumlah daun pada 2, 3, dan 4 BST. Semakin bertambahnya umur tanaman, pertumbuhannya meningkat. Namun, semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan pertumbuhannya semakin melambat atau tanaman menjadi kerdil. Jahe putih kecil pada dosis iradiasi 5Gy menunjukkan penampilan terbaik dan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Namun, untuk bobot dan ukuran rimpang terbaik (964 g/rumpun) diperoleh dari HALINA 1 pada perlakuan dosis 10 Gy dan berbeda nyata dengan kontrol (454 g/rumpun) serta perlakuan lainnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr. Wawan Lukman, Mardiana, Hendra Cipta, Irmu, Suryatna, dan Ramdhan Arismaya yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ABDULLAH, T.L., J.ENDAN, dan M. NAZIR. 2009. Changes in flower development, chlorophyll mutation, and alteration in plant morphology of *Curcuma alismatifolia* by gamma irradiation. *American Journal of Applied Sciences*, 6(7): 1436-1439.
- AHLUOWALIA, B.S., M. MALUSZYSKI, and K. NICTERLEIN. 2004. Global impact of mutation derived varieties. *Euphytica*. 135: 187-204.
- ALBOKARI, M.M.A., S.M. ALZAHIRANI, and A.S. ALSALMAN. 2012. Radiosensitivity of some local cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.) to gamma irradiation. *Bangladesh J. Bot.* 41(1): 1-5.
- ASADI. 2011. Pemanfaatan sinar iradiasi dalam pemuliaan tanaman. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 33(1): 7-8.
- BANERJI, B.K., and S.K. DATTA. 1992. Varietal differences in radiosensitivity of garden chrysanthemum. *The Nucleus*. 36(3): 114-117.
- BERMAWIE, N. 2007. Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.). Petunjuk Pelaksanaan Plasma Nutfah. Buku I. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Hlm. 1-22.
- BRITT, A.B. 1996. DNA damage and repair in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 75-100.
- BROERTJES, C., and A.M. van HARTEN. 1988. *Applied Mutation Breeding for Vegetatively Propagated Crops*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 345.
- BRUNNER. H. 1995. Radiation induced mutation for plant selection. *Applied Radiation and Isotope*. 46(6-7): 589-594.
- DWIMAHYANI, I. 2007. Gamma ditembakkan abnormal didapat. *Trubus*. <http://www.trubusonline.com/mod.php?mod=publisher&op=viewarticle&cid=1&artid=669>. [diunduh Tgl 10 Oktober 2011].
- EL SHERIF, F., S. KHATTAB, E. GHONAME, N. SALEM, and K. RADWAN. 2011. Effect of gamma irradiation on enhancement of some economic traits and molecular changes in *Hibiscus sabdariffa* L.. *Life Science Journal*. 8(3): 220-229.
- HARDING, S.S., and O. MOHAMAD. 2009. Radiosensitivity test on two varieties of Terengganu and Arab used in mutation breeding of roselle (*Hibiscus abdariffa* L.). *African Journal of Plant Science*. 3(8): 181-183.
- HERISON, C., RUTIKAWATI, H.S. SUJONO, dan I.A. SYARIFAH. 2008. Induksi mutasi melalui sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). *Akta Agrosia*. 11(1): 57-62.

- HUTAMI, S., I. MARISKA, dan Y. SUPRIATI. 2006. Peningkatan keragaman genetik tanaman melalui keragaman somaklonal. *Jurnal Agro Biogen*. 2(2): 81-88.
- IAEA. 2010. Mutant Variety and Genetic Stock Database. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. <http://mvgs.iaea.org/>. [diunduh Tgl 15 Januari 2013].
- IWO, G.A., C. O. AMADI, C. O. ELEAZU, and J. U. UKPABI. 2013. Induced mutagenesis on ginger for improved yield components and oleoresin content. *Canadian Journal of Plant Breeding*. 1(3): 90-96.
- JOLAD S.D, R.C. LANTZ, A.M. SOLYOM, G.J. CHEN, R.B. BATES, and B.N. TIMMERMANN. 2004. Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*) : composition and effect on LPS-induced PGE<sub>2</sub> production. *Phytochemistry*. 65(13): 1937-1954.
- MAHMUD, S. T., J.I. MIRZA, M. AHSANUL HAQ and B. MANZOOR ATTA. 2008. Radio sensitivity of various chickpea genotypes in MI Generation I-Laboratory Studies. *Pak. J.Bot.*, 40(2):649-665.
- MARISKA, I., M. KOSMIATIN, E.G. LESTARI, dan I. ROOSTIKA. 2006. Seleksi *in vitro* Tanaman Pisang Ambon Kuning untuk Ketahanan terhadap Penyakit Layu Fusarium, Laporan Akhir Riset Unggulan Nasional (Rusnas) Buah Tropis. Balai Besar Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. 20 hlm.
- MORISHITA, T., H. YAMAGUCHI, K. DEGI, N. SHIKAZONO, A. TANAKA, and T. ABE. 2003. Dose response and mutation induction by ion beam irradiation in buckwheat. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.B*. 206: 565–569.
- NARIAH, F. 2008. Pengaruh Mutasi Fisik melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Keragaan *Caladium* spp. (Skripsi). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 54 hlm.
- NWACHUKWU, E.C., L.S.O. ENE, and E.N.A. MBANASO. 1994. Radiation Sensitivity of two ginger varieties (*Zingiber officinale* Rosc.) to gamma irradiation. *Zeitschrift für die Landwirtschaft in den tropen subtropen* 95: 99-103.
- ROSTIANA, O., N. BERMAWIE, dan M. RAHARDJO. 2009. Standar Prosedur Operasional Budidaya Jahe. Circular. 16: 1-12.
- RUGAYAH. 1994. Status taksonomi jahe putih dan jahe merah. *Floribunda*. 1(14): 53-55.
- RHS.2007. Colour Chart. Fifth edition. The Royal Horticultural Society. London, United Kingdom.
- SHARMA, B., and K. MISHRA. 2007. Micro-mutations for fruit number, fruit length, and fruit yield characters in gamma-irradiated generation of ANKUR-40 variety of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech]. *Int. J. Plant Sci. Muzaffarnagar*. 2(2): 208-211.
- SHARMA, D.K, and D.S. RANA. 2007. Response of castor (*Ricinus communis*) genotypes to low doses of gamma irradiation. *Indian J. Agric. Sci.* 77(7): 467-469.
- SHUKLA, Y., and M. SINGH. 2007. Cancer preventive properties of ginger : A brief review. *Food and Chemical Toxicology*. 45:683-690.
- SISWANTO, D. WAHYUNO, D. MANOHARA, DESMAWATI, S. RAMADHANI, D. ANSER SIANTURI, R. KARYATININGSIH, dan L.S. UTAMI. 2009. Sebaran hama dan penyakit tanaman jahe di tiga propinsi di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Terpadu Organisme Pengganggu Tanaman Jahe dan Nilam. Balitro, Puslitbangun, Badan Litbang Pertanian. Bogor, 4 Nopember 2008. Hlm. 39-48.
- SMITH, J.S.C, and D.N. DUVICK. 1989. Germplasm Collections and Private Plant Breeder. *In*: BROWN, A.H.D. (ed). *The Use of Plant Genetic Resources*. Cambridge University Press. p. 17-31.
- SOERANTO. 2003. Peran IPTEK Nuklir dalam Pemuliaan Tanaman untuk Mendukung Industri Pertanian. Prosiding Pertemuan dan Persentasi Ilmiah. Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. P3TM-BATAN. Hlm. 308-316.
- SUWARNO dan T.S. SILITONGA. 2006. Koleksi dan konservasi benih plasma nutfah dalam pengembangan bank gen. Makalah disajikan pada Seminar Penyusunan Konsep Pelestarian Ex-situ Plasma Nutfah Pertanian. Bogor, 18 Desember 2006. 16 hlm.
- WAHYUNI S., D.H. XU, N. BERMAWIE, H. TSUNEMATSU, and T. BAN. 2003. Genetic relationships among ginger accessions based on AFLP marker. *J. Bioteknologi Pertanian*. 8(2): 60-68.