

## SELEKSI MUTAN PUTATIF TANAMAN SATOIMO HASIL IRADIASI SINAR GAMMA

Karyanti<sup>1\*</sup>, Linda Novita<sup>1</sup>, Yayan Rudiyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
Gedung 630, Kawasan Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan Provinsi  
Banten

\*Penulis untuk korespondensi: karyanti@bppt.go.id

### ABSTRACT

The Satoimo Plant (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var *Antiquorum*) or better known as Talas Jepang, has now begun to be cultivated in Indonesia. One of the cultivation area in Bantaeng Regency, South Sulawesi Province. It is already exported abroad. Satoimo which available in the market know as Talas Safira. Satoimo productivity is now declining due to bad quality of mother plant used as the source of the seed. To add type of varieties and improve the quality of breed plant, the current Balai Bioteknologi, BPPT has conducted a preliminary study through induction of mutation by gamma ray irradiation technique. The results obtained Satoimo's radiosensitivity (LD<sub>50</sub>) at dose 25 Gray. The shoots growth was which inhibited but managed to grow 34 number of plant then selected by planted in the field. The first stage of planting result (M1V1) was obtained 9 putative mutants with total tuber weight per plant above 1 kg.

Keywords: gray, LD<sub>50</sub>, mutan putative, productivity, radiosensitivitas, safira taro

### ABSTRAK

Tanaman Satoimo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott. var. *Antiquorum*) atau yang lebih dikenal sebagai Talas Jepang, saat ini telah mulai dibudidayakan di Indonesia. Salah satu daerah yang telah melakukan budidaya dan ekspor Satoimo adalah Kabupaten Bantaeng Provinsi Sulawesi Selatan. Satoimo yang beredar saat ini di Indonesia dikenal sebagai Talas Safira. Produktivitas Satoimo saat ini semakin menurun, hal ini diduga dikarenakan menurunnya kualitas indukan yang digunakan sebagai sumber benih. Untuk menambah variasi varietas tanaman Satoimo yang ada di Inonesia serta mendapatkan indukan berkualitas dengan produktivitas tinggi, maka saat ini Balai Bioteknologi, BPPT telah melakukan kajian tahap awal melalui induksi mutasi dengan teknik iradiasi sinar gamma. Hasil kajian diperoleh radiosensitivitas tanaman Satoimo (LD<sub>50</sub>) pada dosis 25 Gray. Pertumbuhan tunas Satoimo yang terhambat tetapi berhasil tumbuh didapatkan sejumlah 34 tanaman yang selanjutnya dilakukan seleksi dengan menanam di lapang. Hasil penanaman tahap pertama (M1V1) didapatkan 9 mutan putatif dengan kriteria memiliki berat umbi total per tanaman di atas 1 kg.

Kata kunci: LD<sub>50</sub>, Gray, mutan putatif, produktivitas, radiosensitivitas, talas safira

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang luas dengan jumlah penduduk yang semakin terus bertambah dengan kebutuhan konsumsi karbohidrat yang tinggi, kebutuhan sumber karbohidrat berupa beras setiap tahunnya terus meningkat (Kementerian Pertanian, 2015). Ketergantungan pangan akan beras tentunya dimasa akan datang akan menjadi masalah besar dan akan terjadi krisis pangan khususnya beras. Untuk itu saat ini pemerintah dengan giat mengajak setiap elemen masyarakat untuk memanfaatkan sumber pangan karbohidrat yang lain yang dimiliki oleh Indonesia. Sumber pangan karbohidrat salah satunya adalah dari tanaman umbi-umbian, yang bisa menjadi alternatif pengganti beras (Leksonowati & Witjaksono, 2011). Di Indonesia banyak ditemukan jenis umbi-umbian, salah satu jenis umbi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan adalah tanaman talas. Jenis talas yang telah ditemukan dan diidentifikasi serta bisa dikonsumsi sebagai sumber pangan salah satunya adalah talas satoimo atau yang lebih dikenal sebagai talas jepang. Talas satoimo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var *antiquorum*) memiliki peluang besar untuk dikembangkan di Indonesia karena mengandung nutrisi tinggi, dan berpotensi ekspor ke Jepang (Sutardjo, 2012). Tanaman satoimo mengandung karbohidrat tinggi, protein, mineral, dan vitamin (Temesgen & Retta, 2015). Menurut Fitriani *et al.* (2016), karbohidrat pada satoimo mengandung granula pati rendah dan mudah dicerna, sehingga baik untuk kesehatan pencernaan dan aman dikonsumsi oleh balita. Selain itu, satoimo mengandung protein kolagen yang baik untuk kesehatan kulit, sehingga sering dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan kosmetik.

Saat ini permintaan pasar akan komoditas satoimo semakin meningkat. Tingginya minat petani di Sulawesi Selatan dalam melakukan budidaya satoimo menyebabkan berkurangnya pasokan bibit ke petani. Dalam hubungannya dengan perbaikan mutu benih dan bibit, iradiasi sinar gamma telah banyak diaplikasikan untuk meningkatkan viabilitas dan vigor benih (Piri *et al.*, 2011) dan meningkatkan keragaman genetik dalam rangka pemuliaan untuk mendapatkan varietas unggul pada banyak jenis tanaman (de Mico *et al.*, 2011; Santosa *et al.*, 2014). Induksi mutasi menggunakan iradiasi menghasilkan mutan paling banyak sekitar 75% bila dibandingkan menggunakan perlakuan lainnya seperti mutagen kimia. Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik pendek dengan energi tinggi berinteraksi dengan atom-atom atau molekul untuk memproduksi radikal bebas dalam sel. Radikal bebas tersebut akan menginduksi mutasi dalam tanaman sebab radikal tersebut akan menghasilkan kerusakan sel atau pengaruh penting dalam komponen sel tanaman (Kovacs & Keresztes, 2002). Keuntungan menggunakan sinar gamma adalah dosis yang digunakan lebih akurat dan penetrasi penyinaran kedalam sel bersifat homogen. Mutasi dapat digunakan untuk memperbaiki banyak karakter yang bermanfaat juga mempengaruhi ukuran tanaman, waktu berbunga, kemasakan buah, warna buah, ketahanan terhadap penyakit dan karakter-karakter lainnya (IAEA, 2009). Dalam perbaikan kualitas mutu benih, pemuliaan dengan cara mutasi telah banyak diaplikasikan seperti pada tanaman padi (Sobrizal, 2007; Iglesias & Andreu *et al.*, 2012), sorgum (Surya & Soeranto, 2006), kedelai (Soeranto & Sihono, 2010), pisang (Indrayanti *et al.*, 2011), mawar dan krisan (Hutami *et al.*, 2006; Handayati, 2013).

Penggunaan benih yang berulang dan keragaman jenis satoimo di lapang menyebabkan tidak adanya sumber benih yang berkualitas yang dapat

digunakan sebagai indukan. Produktivitas hasil panen yang terus menurun dengan varietas indukan yang masih belum teridentifikasi dengan jelas menyebabkan banyaknya petani yang mengalami penurunan hasil panen. Demi menjaga kepercayaan petani untuk terus melakukan budidaya satoimo yang memiliki pasar besar ini, maka dilakukan kajian untuk menambah keragaman varietas tanaman satoimo yang telah ada dengan tujuan untuk mendapatkan varietas baru yang memiliki kemampuan produksi yang lebih tinggi. Induksi keragaman dengan teknik mutasi menggunakan iradiasi sinar gamma diharap dapat menghasilkan beberapa mutan putatif tanaman satoimo yang pada akhirnya dapat dihasilkan varietas baru dengan tingkat produktivitas tinggi.

## BAHAN DAN METODE

Kajian ini dilaksanakan di Balai Bioteknologi, BPPT yang berlokasi di Kawasan Puspiptek Serpong pada Bulan Februari–Desember 2016. Umbi satoimo yang digunakan adalah umbi yang disampling dari lokasi Emerase di Kabupaten Bantaeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Umbi yang dipilih diseleksi dengan bentuk membulat dan berukuran seragam dengan diameter sekitar 2.5-3.7 dan panjang 3.2-4.3 cm. Dosis iradiasi yang digunakan berada disekitar dosis LD<sub>50</sub> yaitu di dosis 0, 5 gray, 10 gray, 15 gray, 20 gray, 25 gray dan 30 gray. Umbi yang digunakan dalam setiap perlakuan berjumlah masing-masing 20 buah umbi. Setelah dilakukan iradiasi semua umbi ditanam dalam tanah dan pasir perbandingan 1:1 dalam bak-bak dan dipisahkan setiap dosisnya. Semua perlakuan di inkubasi dalam sungkup sampai munculnya tunas baru calon tanaman. Setelah minggu ke 3 akan muncul tunas baru dengan jumlah daun minimal 2 maka tanaman dipisahkan dan ditanam dalam polibag-polibag. Tanaman masih diadaptasi dalam sungkup selama 1 minggu, selanjutnya diadaptasi di bawah paranet dan setelah berumur 6 minggu siap ditanam di lapang. Dilakukan penanaman dengan jumlah benih sesuai dengan benih yang dihasilkan pada setiap dosisnya. Pengamatan dilakukan setiap bulan sampai bulan ke lima setelah tanam. Dilakukan pengamatan akhir, panen dan penimbangan umbi hasil panen. Berdasarkan data hasil berat umbi diseleksi tanaman kandidat mutan yang akan ditanam selanjutnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Radiosensitivitas dan Kemampuan Tumbuh

Tahap awal untuk mengetahui dosis iradiasi optimum pada umbi tanaman satoimo adalah dengan menentukan radiosensitivitas atau *lethal dose 50* (LD<sub>50</sub>), yaitu dengan memberikan perlakuan iradiasi dari dosis rendah sampai tertinggi. Tingkat radiosensitivitas tanaman berkaitan erat dengan kandungan air dalam jaringan tanaman, hal ini karena senyawa target utama radiasi pengion seperti sinar gamma adalah air. Dimana sinar gamma akan masuk ke dalam jaringan tanaman dan mengionisasi molekul air menjadi radikal bebas yang merusak, semakin tinggi kandungan air maka dapat meningkatkan frekwensi mutan yang terbentuk (Esnault, 2010). Setiap tanaman memiliki radiosensitivitas yang berbeda-beda. LD<sub>50</sub> tanaman kunyit didapati pada dosis 47.26 Gray (Anshori, 2014), LD<sub>50</sub> umbi tanaman iles-iles pada dosis 40 Gray (Pramono, 2011). Sedangkan untuk umbi tanaman satoimo berdasarkan hasil pengamatan dan analisa data yang dilakukan diperoleh LD<sub>50</sub> pada dosis disekitar 25 Gray.

Selanjutnya untuk mendapatkan kandidat mutan dilakukan iradiasi dengan dosis disekitar LD<sub>50</sub> yaitu 25 Gray mulai dari dosis 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Gray. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan setiap minggu pada umbi yang diinkubasi dalam sungkup, didapatkan tidak semua umbi dapat menghasilkan tunas baru atau tanaman baru, didapati umbi yang terhambat dan tidak mampu menghasilkan tunas baru. Diperoleh sejumlah tanaman hasil perlakuan iradiasi sinar yang dapat tumbuh dan membesar seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tanaman satoimo kontrol dan mutan putatif

No.	Dosis (Gray)	Jumlah umbi awal (control dan yang diberikan perlakuan iradiasi)	Jumlah tanaman mutan putatif	Tanaman hidup (%)
1	0 (Kontrol)	20	20	100
2	5	20	15	75
3	10	20	12	60
4	15	20	8	40
5	20	20	3	15
6	25	20	3	15

Umbi yang diberikan perlakuan iradiasi tidak semua dapat beregenerasi menjadi tanaman baru, seperti pada Tabel 1 terlihat peningkatan dosis iradiasi menghambat perkecambahan tunas satoimo. Semua kontrol dapat tumbuh dan diperoleh 20 tanaman baru, sedangkan pada dosis 5 Gray 15 tanaman, 10 Gray 12 tanaman, 15 Gray 8 tanaman dan dosis 20 serta 25 Gray masing-masing 3 tanaman. Hasil ini menunjukkan peningkatan dosis iradiasi mengindikasikan semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk dan merusak sel sehingga menghambat bahkan mematikan daya tumbuh tanaman tersebut.

### Tinggi Tanaman

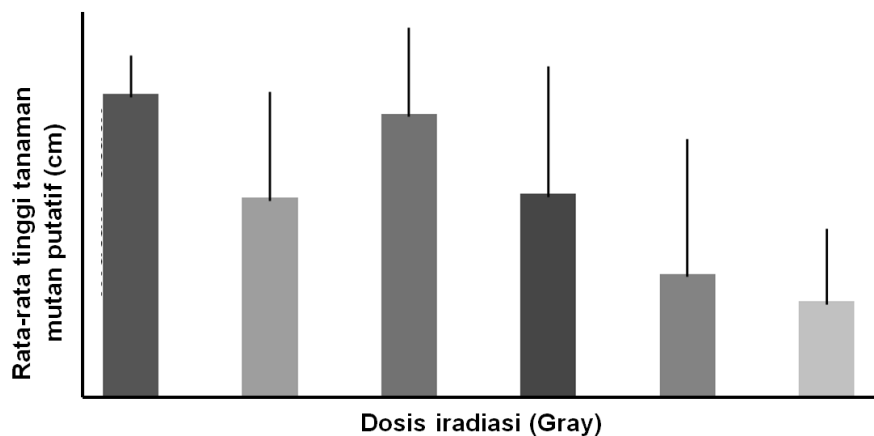
Setiap kandidat mutan memiliki pertumbuhan yang berbeda-beda, pada peubah tinggi tanaman terlihat pertumbuhna tinggi tanaman kontrol lebih seragam dibandingkan pada tanaman yang diberikan perlakuan iradiasi. Tanaman satoimo kontrol tinggi akhir sekitar 89–110 cm, sedangkan tanaman mutan putatif diperoleh tinggi tanaman yang bervariasi dari yang tinggi sekitar 89-110 cm sampai yang tingginya 10–49 cm. Pertumbuhan tinggi tanaman mutan putatif seperti pada Tabel 2. Tanaman kerdil (tinggi 10-19 cm) didapati pada tanaman yang diberikan iradiasi 20-25 Gray. Tanaman jahe yang diberikan perlakuan iradiasi dosis 40 Gray diperoleh tanaman jahe yang kerdil (pertumbuhan abnormal) (Rashid *et al.*, 2013).

Tabel 2. Jumlah tanaman berdasarkan kisaran tinggi tanaman satoimo kontrol dan hasil perlakuan iradiasi sinar gamma

No	Dosis (Gray)	Kisaran tinggi tanaman mutan putatif (5BST)			
		110-90 cm	89-50 cm	49-20 cm	19-10 cm
1	0 (kontrol)	12	8	0	0
2	5	4	3	8	0
3	10	6	4	2	0
4	15	2	3	1	2

5	20	0	1	0	2
6	25	0	0	1	2

Rata-rata tinggi tanaman satoimo tertinggi yaitu pada kontrol (92.50 cm ± 11.57), dilanjut perlakuan iradiasi 10 Gray (86.50 cm ± 25.96), perlakuan 15 Gray (62.38 cm ± 38.30), perlakuan 5 Gray (61.20 cm ± 31.95) dan yang terpendek adalah hasil perlakuan 20 Gray (38.33 cm ± 40.43) dan 25 Gray (30.00 cm ± 21.79) (Gambar 1). Tanaman satoimo mutan putatif yang dihasilkan memiliki keragaman yang tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hasil ini menunjukkan perlakuan iradiasi yang diberikan memberikan pengaruh pada pertumbuhan tinggi tanaman satoimo.



Gambar 1. Rata-rata tinggi dan ragam tanaman satoimo perlakuan iradiasi sinar gamma

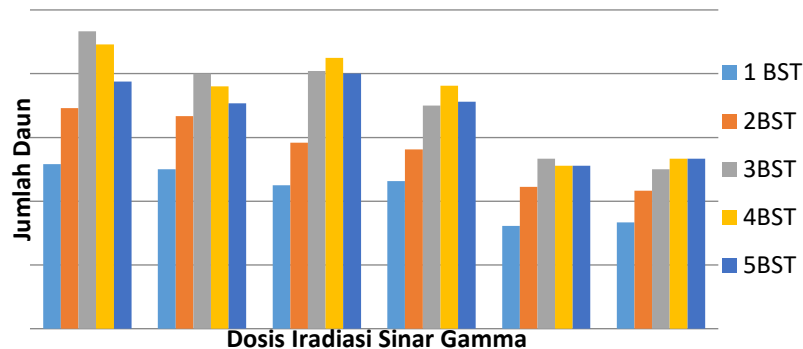
Keberhasilan iradiasi sesungguhnya dipengaruhi pula oleh keadaan lingkungan dan faktor biologis. Banyaknya kandungan air di dalam material yang diiradiasi akan meningkatkan ionisasi dan meningkatkan pula terbentuknya senyawa peroksida. Penyimpanan setelah dilakukan iradiasi menjadi sangat penting, dikarenakan kondisi tanaman yang stress menyebabkan meningkatnya senyawa peroksida dan akan menyebabkan semakin tingginya tanaman yang mati.

### Jumlah Daun

Pertumbuhan jumlah daun diamati setiap bulan, jumlah daun akan didapati bertambah pada masa terjadinya pertumbuhan vegetatif, dan akan berkurang dengan bergugurnya daun pada masa generatif (mulai terbentuk umbi). Masa vegetatif tanaman satoimo yang ditanam didapati mulai dari bulan ke-1 sampai ke-3 setelah tanam dan ketika memasuki bulan ke-4 mulai ada daun yang gugur dan di bulan ke 5-6 biasanya masa generatif sudah berakhir dan bisa dilakukan panen. Pada Gambar 2 didapati data pertumbuhan jumlah daun pada semua tanaman mutan putatif dan kontrol meningkat dari bulan ke 1, 2 dan 3 dan mulai ada yang berkurang jumlah daunnya di bulan ke 4 dan ke 5, kecuali tanaman mutan putatif di dosis 20 dan 25 Gray.

Jumlah daun yang dihasilkan tanaman kontrol dan mutan putatif tidak berbeda nyata antara kontrol dengan perlakuan dosis iradiasi 5, 10, dan 15 Gray tetapi berbeda nyata dengan perlakuan 20 dan 25 Gray. Perbedaan lain yang

terlihat jelas pada ukuran daun khususnya pada perlakuan iradiasi 20 dan 25 Gray, dimana ada beberapa tanaman yang memiliki diameter daunnya paling kecil. Hasil ini menunjukkan respon iradiasi berpengaruh pada pertumbuhan jumlah daun dan ukuran daunnya. Hasil sama dengan hasil penelitian dari Anshori (2014) pada tanaman kunyit, dimana pada dosis iradiasi 50 Gray memberikan keragaman tertinggi yaitu pada pertumbuhan jumlah daunnya. Begitu pula pada penelitian Wardhani (2005) pada tanaman anggrek, dimana tanaman yang diberikan iradiasi mempengaruhi jumlah daunnya.



Gambar 2. Jumlah daun teramati pada bulan ke1,2,3,4 dan 5 setelah tanam

### Keragaman Hasil Berat Umbi

Panen tanaman satoimo dilakukan pada bulan ke 5 atau ke 6 setelah tanam. Panen umbi yang diharapkan para petani tentunya berat umbi yang dihasilkan di atas 1 kg per tanaman. Saat ini banyak benih satoimo yang menghasilkan panen umbi di bawah 1 kg bahkan di bawah 0.5 kg. Panen umbi di bawah 0.5 kg per tanaman dapat menyebabkan kerugian pada petani. Hasil panen tanaman Kontrol dan perlakuan iradiasi sinar gamma diperoleh rata-rata berat umbi per tanaman seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan rata-rata dan keragaman berat umbi per tanaman (Tabel 3) didapati rata-rata berat umbi tertinggi yaitu hasil perlakuan iradiasi 10 Gray dan 15 Gray. Hasil berat umbi yang dipanen menunjukkan keragaman yang tinggi dimana umbi yang dihasilkan dibandingkan dengan kontrol sangatlah jauh berbeda.

Berdasarkan data pada Tabel 3, umbi yang dihasilkan tanaman kontrol didapati tanaman dengan berat umbi di atas 1 kg sejumlah 9 tanaman, selebihnya sekitar 14 tanam menghasilkan berat umbi sekitar 0.99–0.4 kg. Perlakuan yang menghasilkan umbi di atas 1 kg pada perlakuan iradiasi 5 Gray sejumlah 2 kandidat (2.45 kg dan 1.4 kg), 10 Gray sejumlah 5 kandidat (1.4 kg, 2.3 kg, 1.1 kg, 1.2 kg, 3.7 kg), 15 Gray 1 kandidat (3.1 kg) dan 20 Gray sejumlah 1 kandidat (1.7 kg).

Tabel 3. Data hasil panen umbi per tanaman (5BST)

No.	Berat umbi (kg) dan jumlah umbi										
	Kontro l	Jumlah umbi	5 Gray	Jumlah umbi	10 Gray	Jumlah umbi	15 Gray	Jumlah Umbi	20 Gray	Jumlah umbi	25 Gray
1	1.10	36	2.45	46	1.40	20	0.20		1.70	15	0.50
2	1.00	15	0.20		0.45		3.10	37	0.25		0.40
3	0.85		0.20		2.30	46	0.50		0.10		0.40
4	0.98		0.10		1.00	13	0.55				

5	1.20	19	1.40	30	0.35		0.20
6	1.30	24	0.20		1.20	17	0.20
7	0.99		0.10		0.70		0.56
8	0.87		0.25		0.40		0.40
9	1.10	21	0.30		3.70	56	
10	0.75		0.10		0.60		
11	0.65		0.40		0.35		
12	0.55		0.20		0.25		
13	1.10		0.20				
14	0.90		0.30				
15	0.94		0.25				
16	0.40						
17	0.75						
18	0.65						
19	0.70						
20	0.80						

Jumlah kadidat yang terseleksi berdasarkan berat umbi didapati hanya sedikit, ini menunjukkan iradiasi yang diterima berespon secara acak sehingga hasil yang diperolehpun sangat beragam. Hal ini diduga dipengaruhi oleh sifat iradiasi yang acak dan kandungan air yang berbeda pada setiap umbi yang diberi perlakuan, sehingga kadar kerusakan yang terjadipun akan bervariasi dan respon yang munculpun berbeda pula. Menurut Pavadai *et al.* (2010) bahwa laju induksi mutagen dan nilai tengah dari generasi M1 menurun seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma yang diberikan. Pada tanaman ubi kayu keragaman tertinggi secara fenotipe yaitu pada dosis 15-30 Gray, dimana hasil berat umbi tertinggi di dapati pada stek bagian tengah yang diduga memiliki kandungan air lebih tinggi.

### Jumlah Umbi

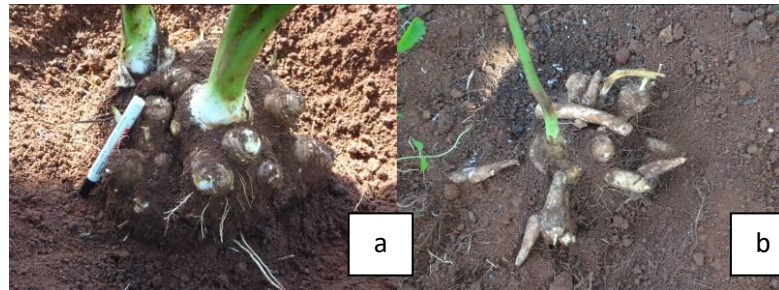
Berdasarkan berat umbi maka telah ditetapkan mutan putatif tanaman satoimo adalah tanaman yang menghasilkan umbi di atas 1 kg. didapati sejumlah 9 mutan putatif potensial yang akan dapat diuji lanjut untuk memastikan samanya karakter tanaman yang dihasilkan. Selain peubah berat umbi dilakukan pula perhitungan jumlah umbi. Umbi-umbi yang dihasilkan memiliki diameter sekitar *range* 2-6 cm dan panjang 2-8 cm. Jumlah umbi yang dihasilkan setiap tanaman tidak sama, jumlah umbi yang terhitung dari hasil panen kontrol dan 9 mutan putatif potensial seperti pada Tabel 4. Besar dan banyaknya jumlah umbi yang dihasilkan setiap kandidat seperti pada Gambar 4, 5, 6 dan 7.

Tabel 4. Rata-rata seluruh berat umbi per tanaman hasil panen

Dosis iradiasi	Rata-rata
Kontrol	0.88 ± 0.23
5 Gray	0.44 ± 0.64
10 Gray	1.14 ± 1.03
15 Gray	0.71 ± 0.98
20 Gray	0.68 ± 0.88
25 Gray	0.43 ± 0.06

Adanya sifat acak yang dihasilkan dari penggunaan teknik mutasi dengan sinar gamma menyebabkan hasil yang tidak bisa diduga pengaruh apa yang akan

dihasilkan. Hal ini lah yang menyebabkan sedikitnya hasil yang diperoleh dengan karakter seperti yang diinginkan. Hasil ini pun terjadi pada kajian untuk mendapatkan mutan putatif tanaman singkong, dimana dari hasil kajian tersebut hanya didapatkan 13 mutan putatif potensial (Maharani 2015).



Gambar 3. Bentuk umbi dari tanaman mutan futatif dosis a) 10 Gray dan b) 25 Gray



Gambar 4. Umbi hasil panen tanaman control

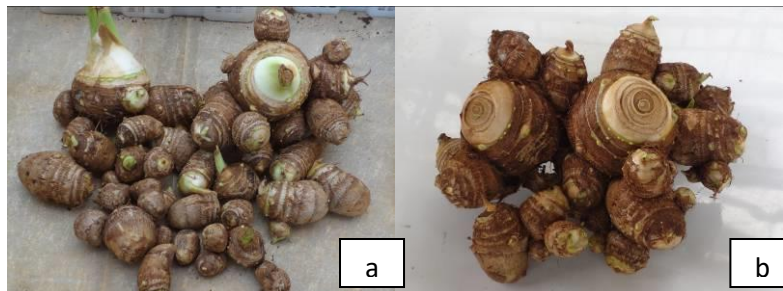


Gambar 5. Umbi hasil perlakuan dosis 5 Gray





Gambar 6. Umbi hasil perlakuan 10 Gray



Gambar 7. Umbi hasil perlakuan a) dosis 15 Gray, b) dosis 20 Gray

Berdasarkan bentuk umbi yang dihasilkan rata-rata bentuk umbinya bulat dan bulat sedikit memanjang (Gambar 3a), tetapi didapati juga satu tanaman yang memiliki umbi memanjang (Gambar 3b). Bentuk umbi yang tidak normal ini dihasilkan dari perlakuan iradiasi 25 Gray. Meskipun bentuk umbi tidak bisa digunakan tetapi tanam yang berbeda ini bisa menjadi plasma nutfah.

### KESIMPULAN

1. Perlakuan iradiasi sinar gamma di sekitar dosis 25 Gray ( $LD_{50}$ ) dapat menginduksi keragaman tanaman satoimo.
2. Keragaman yang muncul yaitu pada tinggi tanaman, jumlah daun, bentuk daun, bentuk umbi, berat umbi per tanaman.
3. Hasil seleksi berdasarkan berat umbi diperoleh 9 mutan putatif potensial untuk diuji selanjutnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, S.R. 2014. Induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gamma pada kunyit (*Curcuma domestica* Val). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- De Mico, V., C. Arena, D. Pignalosa, M. Durante. 2011. Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants. *Radiat. Environ. Biophys.* 50:1-19.

- Esnault, M.A., F. Legue, C. Chenal. 2010. Ionizing radiation: Advances in plant respons. *Environ. Exp. Bot.* 68:231-237.
- Fitriyani, H., P.D. Aryaningrum, N.S. Hartati. 2016. Proliferasi kalus embriogenik talas satoimo (*Colocasia esculenta* var. *Antiquorum*) pada medium kultur dengan variasi konsentrasi sukrosa dan bahan pematid medium. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia.
- Handayati, W. 2013. Perkembangan pemuliaan mutasi tanaman hias di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi.* 9(1):67-80.
- Hutami, S., I. Mariska, Y. Supriati. 2006. Peningkatan keragaman genetic tanaman melalui keragaman somaklonal. *Jurnal Agro Biogen.* 2(2):81-88.
- IAEA. 2009. Induced mutation in tropical fruit trees. IAEA-TECDOC01615. Plant Breeding and Genetics Section. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austin.
- Iglesias-Andreu, L.G., P. Octavio-Aguilar, J. Bello-Bello. 2012. Current importance and potential use of low doses of gamma radiation in forest species. In *Gamma radiation* (Adrovic. F., Ed). In Tech Europe. Rijeka, Croatia. 265-280.
- Indrayanti, R., N.A. Mattjik, A. Setiawan, Sudarsono. 2011. Radiosensitivity of banana cv. Ampyang and potential application of gamma irradiation for variant induction. *J. Agron. Indonesia.* 39:112-118.
- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. Akses dari <http://www.pertanian.go.id>
- Kovacs, E., A. Keresztes. 2002. Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cell. *Micron.* 33:199-210.
- Leksonowati, A., Witjaksono. 2011. Morfogenesis pada daun, tangkai daun, dan ruas batang kentang hitam (*Solenostemon rotundifolius* (Poir) J. K. Morton) secara *in vitro*. *Berkala Penelitian Hayati.* 16(2):161-167.
- Maharani, S., N. Khumaida, M. Syukur, S.W. Ardie. 2015. Radiosensitivitas dan keragaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil iradiasi sinar gamma. *J. Agron. Indonesia.* 43(2):111-117.
- Pavadai, P., M. Ginja, D. Dhanavel. 2010. Effect of gamma rays on same yield parameters and protein content of soybean in M2, M3 generation. *J.Exp.Sci.* 1:8-11
- Piri, I., M. Babayan, A. Tavassoli, M. Javaheri. 2011. The use of gamma irradiation in agriculture. *African Journal of Microbiology Research.* 5(32):5806-5811.
- Pramono, S. 2011. Studi iradiasi sinar gamma pada tanaman iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- 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(1):1538-1544.
- Santosa, E., S. Pramono, Y. Mine, N. Sugiyama. 2014. Gamma irradiation on growth and development of *Amorphophallus muelleri* Blume. *J. Agron. Indonesia.* 42(2):118-123.
- Sobrizal. 2007. Rice mutation on candidate of restorer mutant lines. *J. Agron. Indonesia* 35:77-80.
- Soeranto, H., Sihono. 2010. Sorghum breeding for improved drought tolerance using induced mutation with gamma irradiation. *J. Agron. Indonesia.* 38:95-99.

- Surya, M.I., R. Soeranto. Pengaruh irradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan sorgum manis (*Sorghum bicolor* L.). Risalah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, 2006. Pp206-215.
- Sutardjo. 2012. Aplikasi Kultur Kalus dalam Rangka Penyediaan Bibit Tanaman Talas Jepang (Satoimo) Kualitas Ekspor di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan. Diakses dari: [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id)
- Temesgen, M., N. Retta. 2015. Nutritional potential, health and food security benefits of taro *Colocasia Esculenta* (L.). A Riview. Food Science and Quality management. 36:23-30.
- Wardhani, M.U.D. 2005. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap keragaan anggrek (*Brachypeza indusiata* Reichb.F) garay secara *in vitro*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

