

## Radiosensitivitas dan Keragaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Hasil Iradiasi Sinar Gamma

### *Radiosensitivity and Variability of Gamma Irradiated Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)*

Sadewi Maharani<sup>1</sup>, Nurul Khumaida<sup>2\*</sup>, Muhamad Syukur<sup>2</sup>, dan Sintho Wahyuning Ardie<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

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

Diterima 5 November 2014/Disetujui 15 April 2015

#### ABSTRACT

*High genetic variability is one of important determinants in successful breeding of clonally propagated crops such as cassava. Induced mutation, including mutagenesis using gamma irradiation, is one strategy to increase genetic variability. The objective of this research was to obtain information of lethal doses ( $LD_{20}$ - $LD_{50}$ ) from five cassava genotypes (Jame-jame, Ratim, UJ-5, Malang-4, and Adira-4), to analyze the variability, and to obtain potentially high yielding cassava mutant candidates. Cuttings of several cassava genotypes were irradiated by 0, 15, 30, 45, and 60 Gy gamma rays. The results showed that genotype Malang-4 had the lowest  $LD_{20}$  (7.53 Gy) and  $LD_{50}$  (18.47 Gy), while genotype Jame-jame had the highest  $LD_{20}$  (24.94 Gy) and  $LD_{50}$  (33.24 Gy). The highest phenotype variability was obtained in the cassava population irradiated by 15-30 Gy gamma rays. The highest phenotype variability was also determined by the source of tissue, i.e., cuttings from the middle stem resulted in the highest phenotype variability. This research found 32 high yielding potential candidate mutants.*

Keywords: gamma rays,  $LD_{20}$ ,  $LD_{50}$ , mutant, mutation

#### ABSTRAK

*Keragaman genetik tinggi merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pemuliaan tanaman termasuk pada tanaman yang diperbanyak secara klonal seperti ubi kayu. Induksi mutasi dengan iradiasi sinar gamma adalah salah satu strategi untuk meningkatkan keragaman genetik. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang nilai lethal dose ( $LD_{20}$ - $LD_{50}$ ) pada lima genotipe ubi kayu (Jame-jame, Ratim, UJ-5, Malang-4, dan Adira-4), memperoleh informasi tentang nilai keragaman, dan mengidentifikasi kandidat mutan (putatif) potensial ubi kayu berdaya hasil tinggi. Setek ubi kayu dari beberapa genotipe diiradiasi sinar gamma pada dosis 0, 15, 30, 45, dan 60 Gy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe Malang-4 memiliki  $LD_{20}$  (7.53 Gy) dan  $LD_{50}$  (18.47 Gy) terendah, sedangkan Jame-jame memiliki  $LD_{20}$  (24.94 Gy) dan  $LD_{50}$  (33.24 Gy) tertinggi. Keragaman fenotipe tertinggi diperoleh pada dosis 15-30 Gy dan setek yang berasal dari batang bagian tengah. Penelitian mendapatkan 32 mutan putatif berdaya hasil tinggi.*

Kata kunci: sinar gamma,  $LD_{20}$ ,  $LD_{50}$ , mutan, mutasi

#### PENDAHULUAN

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan bahan pangan utama ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Umbi ubi kayu mengandung karbohidrat (termasuk pati) yang digunakan sebagai bahan pangan, pakan serta bahan baku berbagai industri.

Rawan pangan dan kebutuhan industri berbahan baku pati menyebabkan kebutuhan terhadap ubi kayu meningkat, karena pati ubi kayu dapat bersaing dengan pati lainnya untuk produksi beberapa industri. Selain itu, sejak krisis energi tahun 1970, cadangan energi fosil dunia semakin langka yang

mendorong masyarakat dunia mencari pengganti bahan baku energi yang terbarukan seperti *biofuel*. Ubi kayu menjadi salah satu komoditas yang diharapkan mampu menyediakan bahan baku *biofuel* tersebut, karena memiliki kandungan pati yang cukup tinggi. Hasil penelitian Susilawati *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kadar pati varietas Kasetsart berumur panen 10 bulan di Desa Gunung Agung Kecamatan Sekampung Udik Lampung mencapai 35.93%.

Upaya pengembangan industri berbasis ubi kayu dan pemanfaatan ubi kayu sebagai bahan pangan menuntut pemulia tanaman untuk menghasilkan varietas unggul baru yang memiliki beberapa keunggulan, termasuk berdaya hasil tinggi. Peningkatan potensi hasil dapat dilakukan apabila tersedia sumber keragaman genetik yang cukup. Ubi kayu merupakan tanaman yang membiak vegetatif

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

dan hanya berbunga pada ketinggian di atas 800 m dpl. Hal ini menyebabkan ubi kayu memiliki keragaman genetik yang rendah, sehingga perlu dilakukan peningkatan keragaman genetik. Keragaman genetik dapat diperoleh dari rekombinasi gen, melalui hibridisasi, rekayasa genetik, atau induksi mutasi.

Induksi mutasi dapat dilakukan dengan menggunakan mutagen kimia (EMS (*ethylene methane sulfonate*), NMU (*nitrosomethyl urea*), NTG (*nitrosoguanidine*), dan lain-lain) atau mutagen fisik (sinar gamma, sinar X, sinar neutron dan lain-lain). Mutasi dengan iradiasi pada bagian vegetatif tanaman memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan dengan mutagen kimia. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya serap jaringan vegetatif tanaman terhadap cairan kimia. Sinar gamma mempunyai energi iradiasi tinggi, yaitu di atas 10 MeV sehingga mempunyai daya penetrasi yang kuat ke dalam jaringan dan mampu mengionisasi atom-atom dari molekul yang dilewatinya (Crowder, 2006).

Radiosensitivitas tanaman terhadap iradiasi sinar gamma dapat diketahui melalui respon fisiologis bahan tanaman yang diiradiasi, termasuk penentuan dosis yang menyebabkan kematian pada tanaman yang diiradiasi sebesar 20-50% atau *lethal dose* ( $LD_{20}$ - $LD_{50}$ ). Mutan-mutan yang diinginkan umumnya berada pada selang  $LD_{20}$  dan  $LD_{50}$ . Radiosensitivitas bervariasi tergantung pada spesies dan kultivar tanaman, kondisi fisiologis dan organ tanaman (Herison *et al.*, 2008, Aisyah *et al.*, 2009).

Dosis optimum iradiasi sinar gamma pada ubi kayu secara *in vitro* berkisar antara 12-25 Gy (Owoseni *et al.*, 2006). Dosis iradiasi sinar gamma yang optimum bervariasi tergantung genotipe tanaman dan organ tanaman yang diiradiasi. Dosis iradiasi optimum dapat meningkatkan keragaman genetik tanaman umumnya berkisar antara  $LD_{20}$  dan  $LD_{50}$  (Indriyati *et al.*, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk: 1) memperoleh informasi tentang nilai  $LD_{20}$  dan  $LD_{50}$  pada lima genotipe ubi kayu, 2) memperoleh informasi tentang nilai keragaman ubi kayu generasi  $M_1V_1$ , serta 3) mengidentifikasi kandidat mutan (putatif) potensial ubi kayu generasi  $M_1V_1$  berdaya hasil tinggi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Cikabayan, Institut Pertanian Bogor pada bulan Juni 2012 sampai dengan April 2013. Perlakuan iradiasi sinar gamma dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Iradiasi (PATIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta Selatan. Bahan tanam yang digunakan adalah setek ubi kayu berumur delapan sampai sepuluh bulan, dengan lima mata tunas.

Penelitian disusun berdasarkan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLK) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah genotipe ubi kayu, yaitu Jame-jame (v1), Ratim (v2), UJ-5 (v3), Malang-4 (v4), dan Adira-4 (v5). Faktor kedua adalah dosis iradiasi yang terdiri atas lima taraf, yaitu 0 (d0), 15 (d1), 30 (d2), 45 (d3), dan 60 Gy (d4). Terdapat

25 kombinasi perlakuan dan setiap kombinasi terdiri atas tiga blok (posisi setek ubi kayu). Posisi setek ubi kayu yang digunakan adalah bagian ujung (30% dari batang), tengah (40% dari batang), dan pangkal (30% dari batang) dengan lima batang setek pada tiap blok sehingga terdapat 375 satuan percobaan.

Setek ubi kayu dengan lima mata tunas diberi perlakuan iradiasi di Laboratorium PATIR BATAN menggunakan alat *Gamma Chamber 4000A* sesuai dosis perlakuan, kecuali kontrol (0 Gy). Setek ubi kayu ditanam di kebun percobaan Cikabayan IPB dengan jarak tanam 1 m x 1 m. Tanaman ubi kayu dipupuk dengan Urea, SP-36, dan KCl dengan dosis masing-masing 200, 150, dan 150 kg ha<sup>-1</sup>. Pupuk SP-36 diberikan seluruhnya saat penanaman, Urea diberikan 1/3 bagian (dosis) saat tanam dan 2/3 bagian (dosis) saat berumur satu bulan setelah tanam (BST), sedangkan KCl diberikan seluruhnya saat tanam berumur 2 BST. Pengendalian gulma dilakukan secara manual setiap 2-3 minggu dengan mencabut dan membabat gulma yang tumbuh di sekitar tanaman. Pembungkaman dilakukan bersamaan dengan pemupukan susulan Urea.

Pengamatan dilakukan terhadap persentase populasi tanaman ubi kayu yang tumbuh hingga empat minggu setelah tanam (MST) terhadap setiap perlakuan dosis iradiasi sinar gamma. Karakterisasi dilakukan saat 6 BST dan saat panen (11 BST). Pengamatan karakter kualitatif dilakukan dengan skoring terhadap 13 karakter (tipe tanaman, tipe batang utama, warna batang tua, warna batang muda, bentuk cuping, jumlah cuping, warna daun muda, warna daun tua, warna tulang daun, warna permukaan atas tangkai daun di batang bagian bawah, warna tangkai daun bagian atas di batang bagian tengah, warna tangkai daun bagian bawah di batang bagian bawah) berdasarkan karakterisasi PPVT (2007) dan sembilan karakter (bentuk tangkai umbi, konstriksi umbi, bentuk umbi, warna kulit luar umbi, warna parenkim, warna korteks umbi, pengupasan korteks, tekstur epidermis, dan rasa umbi) berdasarkan IITA (Fukuda *et al.*, 2010). Pengamatan karakter kuantitatif dilakukan terhadap empat karakter (diameter batang, bobot umbi per tanaman, jumlah umbi per tanaman, jumlah umbi komersial (panjang umbi >20 cm) per tanaman, dan ketebalan korteks berdasarkan IITA (Fukuda *et al.*, 2010).

Data persentase tanaman tumbuh hingga 4 MST dianalisis dengan program *Curve Expert* untuk memperoleh informasi nilai  $LD_{20}$  dan  $LD_{50}$  pada lima genotipe ubi kayu yang diuji. Nilai ragam fenotipe dihitung secara manual menggunakan program *Microsoft Excel*. Data pengamatan karakter kuantitatif dianalisis dengan ragam (Uji F) menggunakan program SAS, dan apabila terdapat perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf nyata 5%. Data pengamatan karakter kualitatif dianalisis secara deskriptif dengan skoring, kemudian dilakukan pengelompokan mutan-mutan hasil iradiasi sinar gamma menggunakan analisis gerombol menggunakan *software SPSS* versi 17.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Radiosensitivitas Lima Genotipe Ubi Kayu*

Berdasarkan data persentase tanaman hidup hingga 4 MST diperoleh nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> lima genotipe ubi kayu generasi M<sub>1</sub>V<sub>1</sub>. Nilai LD<sub>20</sub> kelima genotipe ubi kayu berkisar antara 7.53-24.94 Gy, sedangkan LD<sub>50</sub> berkisar antara 18.47-33.24 Gy (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> bervariasi antar genotipe tanaman. Kangarasu *et al.* (2014) mengemukakan bahwa nilai LD<sub>50</sub> setek batang ubi kayu genotipe H<sub>226</sub> berada pada 27.5 Gy. Selain genotipe, organ tanaman juga mempengaruhi radiosensitivitas tanaman. Iradiasi sinar gamma terhadap embrio somatik ubi kayu menghasilkan nilai LD<sub>50</sub> sebesar 50 Gy (Joseph *et al.*, 2004) dan 200 Gy pada biji (Ceballos *et al.*, 2008).

Penentuan dosis letal merupakan faktor utama untuk memperoleh mutan yang diinginkan, karena pada kisaran dosis tersebut secara teoritis dapat menghasilkan keragaman tertinggi. Malang-4 adalah genotipe dengan tingkat radiosensitivitas paling rendah (LD<sub>20</sub> 7.53 Gy dan LD<sub>50</sub> 18.47 Gy), sedangkan Jame-jame merupakan genotipe dengan radiosensitivitas paling tinggi terhadap sinar gamma (LD<sub>20</sub> 24.94 Gy dan LD<sub>50</sub> 33.24 Gy). Tingkat radiosensitivitas tanaman berkaitan erat dengan kandungan air pada jaringan tanaman, karena senyawa target utama radiasi pengion seperti sinar gamma adalah air. Menurut Esnault *et al.* (2010) sinar gamma akan masuk ke jaringan tanaman dan mengionisasi molekul air, sehingga membentuk radikal bebas. Iradiasi pada jaringan yang memiliki kandungan air tinggi dapat meningkatkan frekuensi mutan yang terbentuk.

*Keragaman Ubi Kayu*

Populasi yang bervariasi dapat dilihat dari nilai rata-rata, ragam, dan standar deviasi. Tabel 2 menunjukkan nilai ragam fenotipe kontrol dan populasi mutan ubi kayu hasil iradiasi sinar gamma berdasarkan karakter bobot umbi per tanaman terhadap perlakuan genotipe, dosis iradiasi, dan posisi setek ubi kayu. Perlakuan iradiasi sinar gamma yang diaplikasikan dapat meningkatkan keragaman fenotipe populasi mutan ubi kayu. Pavadai *et al.* (2010) menyatakan bahwa laju induksi mutagen dan nilai tengah dari generasi M<sub>1</sub> menurun seiring dengan meningkatnya dosis sinar gamma yang diberikan. Keragaman fenotipe tertinggi

terdapat pada kisaran dosis 15 hingga 30 Gy. Radiasi sinar gamma dapat meningkatkan keragaman karena pengaruh radiasi dapat menimbulkan perubahan struktur gen, struktur kromosom, ataupun jumlah kromosom, sehingga dapat diperoleh genotipe dengan variasi-variasi yang baru.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa posisi setek ubi kayu mempengaruhi keragaman fenotipe tanaman. Bagian tengah merupakan posisi setek yang memiliki rata-rata keragaman fenotipe mutan tertinggi (16.12) jika dibandingkan dengan pangkal (12.38) dan ujung (8.54). Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan air yang ada pada bahan tanam yang diiradiasi. Semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H<sub>2</sub>O) dalam materi yang diiradiasi, maka akan semakin banyak pula radikal bebas dan peroksida yang beracun dan sangat aktif terbentuk. Energi yang sangat aktif dan labil mampu merusak setiap molekul yang ditemuinya, sehingga dapat mengganggu mekanisme biologi dalam sel (Herison *et al.*, 2008).

Hal yang berbeda ditemukan pada genotipe Adira-4, dimana keragaman fenotipe tertinggi diperoleh pada posisi setek bagian pangkal. Hal ini diduga karena iradiasi yang bersifat acak dan perbedaan kondisi setek ketika diberi perlakuan. Selain itu, hal ini juga diduga karena adanya kandungan air yang tidak berbeda nyata antara posisi pangkal, tengah, dan ujung.

Tabel 3 menunjukkan bahwa posisi setek ubi kayu hanya berpengaruh nyata terhadap karakter diameter batang dan bobot umbi per tanaman, sedangkan karakter jumlah umbi per tanaman dan jumlah umbi komersial (panjang umbi >20 cm) per tanaman tidak dipengaruhi posisi setek ubi kayu. Bobot umbi per tanaman dan diameter batang tertinggi diperoleh pada setek bagian tengah yang berbeda nyata dengan setek bagian pangkal dan ujung. Hal ini menunjukkan bahwa dosis iradiasi 15 dan 30 Gy serta posisi setek bagian tengah dapat meningkatkan bobot umbi per tanaman pada ubi kayu.

*Identifikasi Kandidat Mutan (Putatif) Potensial Ubi Kayu*

Analisis gerombol dilakukan untuk mengelompokkan genotipe pada beberapa kelas tertentu berdasarkan 23 karakter kualitatif dan delapan karakter kuantitatif. Berdasarkan hasil analisis keragaman genetik dan nilai tengah karakter bobot umbi, diperoleh bahwa posisi setek bagian tengah merupakan bagian terbaik untuk diiradiasi

Tabel 1. Nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> pada lima genotipe ubi kayu hasil iradiasi sinar gamma generasi M<sub>1</sub>V<sub>1</sub>

Genotipe	LD <sub>20</sub> (Gy)	LD <sub>50</sub> (Gy)
Jame-jame	24.94	33.24
Ratim	24.06	29.53
UJ-5	18.80	29.50
Malang-4	7.53	18.47
Adira-4	21.81	30.71

Tabel 2. Rekapitulasi nilai ragam fenotipe populasi mutan ubi kayu hasil iradiasi sinar gamma berdasarkan karakter bobot umbi per tanaman

Genotipe	Dosis iradiasi sinar Gamma		Ragam		Rataan
	(Gy)	Pangkal	Tengah	Ujung	
Jame-jame	Kontrol	3.73	1.82	2.44	2.66
	15	9.75	21.93	6.03	12.57
	30	0.00	9.56	4.72	4.76
	45	-	-	-	-
	60	-	-	-	-
Ratim	Kontrol	13.08	13.58	14.39	13.68
	15	10.73	20.43	16.29	15.82
	30	0.00	0.00	0.00	0.00
	45	-	-	-	-
	60	-	-	-	-
UJ-5	Kontrol	1.83	6.76	2.35	3.64
	15	12.58	12.37	0.72	8.53
	30	9.80	25.45	0.41	11.89
	45	10.13	-	-	3.38
	60	0.00	-	-	-
Malang-4	Kontrol	6.75	14.92	1.16	7.61
	15	6.25	16.49	0.61	7.78
	30	6.13	0.00	0.00	2.04
	45	-	-	0.00	-
	60	-	-	-	-
Adira-4	Kontrol	14.33	7.42	9.03	10.26
	15	18.00	9.54	16.14	14.56
	30	28.13	13.17	23.43	21.57
	45	0.00	-	-	-
	60	-	-	-	-

Keterangan: 0 = hanya ada satu tanaman, sehingga nilai ragam 0; - = tidak ada tanaman

Tabel 3. Nilai tengah diameter batang, bobot umbi, jumlah umbi, dan jumlah umbi komersial (panjang umbi >20 cm) ubi kayu pada batang bagian pangkal, tengah, dan ujung

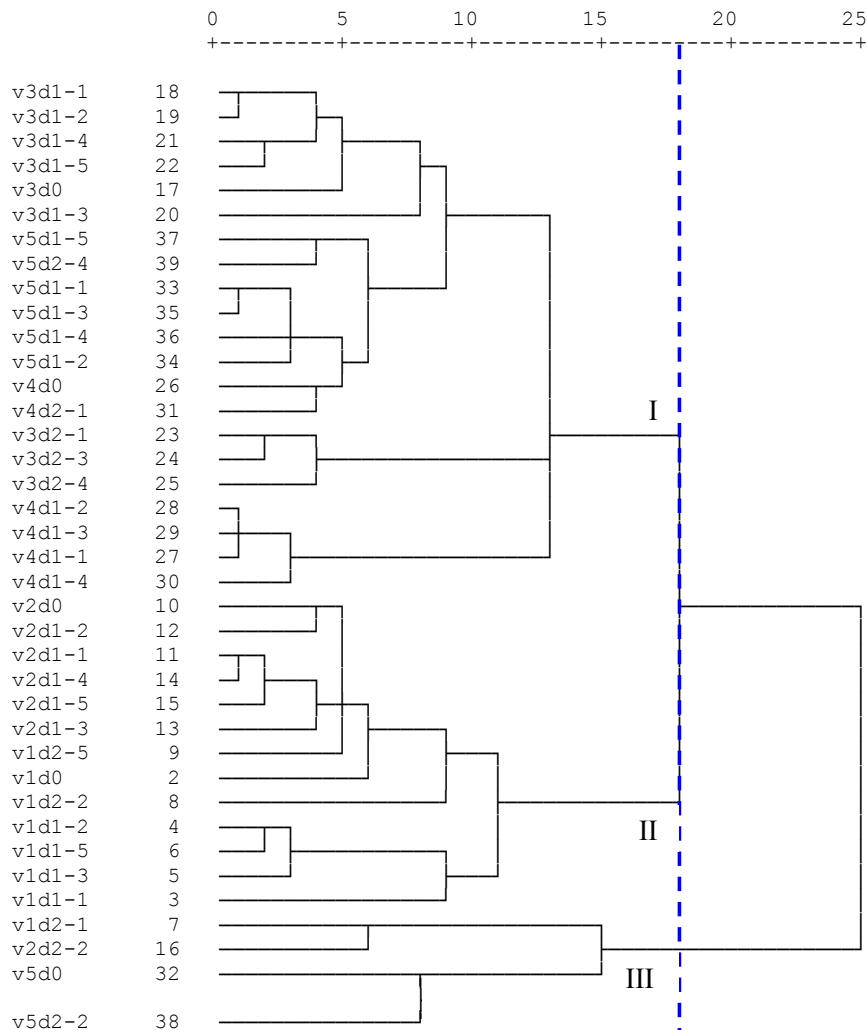
Blok	Diameter batang (cm)	Bobot umbi per tanaman (kg)	Jumlah umbi per tanaman	Jumlah umbi komersial per tanaman
Pangkal	40.53b	9.74b	10.05±3.99	7.64±3.37
Tengah	46.53a	11.60a	10.41±3.45	8.22±2.63
Ujung	36.02b	7.56c	9.10±4.11	6.94±3.54

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

karena menghasilkan keragaman fenotipe tertinggi, sehingga analisis gerombol yang ditampilkan hanya pada setek bagian tengah (Gambar 1).

Berdasarkan hasil analisis gerombol diperoleh 33 mutan putatif hasil iradiasi sinar gamma dan lima genotipe

asal ubi kayu dapat dikelompokkan menjadi tiga. Kelompok 1 terdiri atas 19 mutan putatif, yaitu v3d1-1, v3d1-2, v3d1-3, v3d1-4, v3d1-5, v3d2-1, v3d2-3, v3d2-4, v5d1-1, v5d1-2, v5d1-3, v5d1-4, v5d1-5, v5d2-4, v4d1-1, v4d1-2, v4d1-3, v4d1-4, dan v4d2-1, serta genotipe UJ-5 (v3d0) dan



Gambar 1. Dendrogram hasil analisis 33 mutan (putatif) ubi kayu yang dihasilkan dari setek bagian tengah berdasarkan koefisien ketidakmiripan

Malang-4 (v4d0). Kelompok 2 terdiri atas 11 mutan putatif, yaitu v2d1-1, v2d1-2, v2d1-3, v2d1-4, v2d1-5, v2d2-5, v1d1-1, v1d1-2, v1d1-3, v1d1-5, dan v1d2-2, serta genotipe Jame-jame (v1d0) dan Ratim (v2d0). Kelompok 3 terdiri atas empat mutan putatif, yaitu v1d2-1, v2d2-2, dan v5d2-2, serta genotipe Adira-4 (v5d0).

Iradiasi sinar gamma yang menembus inti sel dapat menyebabkan terjadinya mutasi, tetapi tidak bisa diarahkan pada target tertentu (bersifat acak). Pengaruh mutasi yang bersifat acak terlihat dari populasi mutan yang tidak memberikan pola perubahan teratur. Hal ini terlihat dari dendrogram yang menunjukkan terdapat beberapa mutan putatif yang keluar dari kelompok genotipe asal, yaitu v1d2-1 dan v2d2-2. Hal yang sama juga terjadi pada populasi mutan Adira-4, yang berbeda dengan kelompok genotipe asal. Keseluruhan perubahan pada galur mutan diduga terjadi akibat mutasi yang menyebabkan proses fisiologis yang dikendalikan secara genetik dalam tanaman menjadi tidak normal dan menimbulkan variasi genetik baru. Tofino *et al.* (2011) melaporkan bahwa ubi kayu hasil iradiasi sinar gamma 200 Gy menghasilkan bunga dengan penebalan

pada ovarium tanpa terjadi antesis, menghasilkan bunga hermaphrodit, perubahan warna kulit pada batang, dan luas daun menjadi lebih kecil pada generasi  $M_1$ .

Hasil seleksi awal mutan-mutan ubi kayu generasi  $M_1V_1$  berdasarkan karakter bobot umbi untuk semua ulangan, diperoleh 32 mutan putatif potensial (Tabel 4). Berdasarkan kriteria bobot umbi >15 kg, diperoleh 13 mutan putatif dari total mutan potensial (40.62%). Berdasarkan rasa umbi, diperoleh 11 mutan putatif manis (34.38%), 11 mutan putatif tawar (34.38%), dan 10 mutan putatif pahit (31.25%). Mutan putatif v1d1-4(1) merupakan mutan putatif potensial dengan bobot umbi per tanaman, jumlah umbi per tanaman, jumlah umbi komersial (panjang umbi >20 cm) per tanaman, dan diameter batang lebih tinggi jika dibandingkan dengan mutan putatif lainnya pada kelompok Jame-jame, dengan rasa umbi manis. Mutan putatif v3d4-1(1) merupakan mutan putatif dengan diameter batang, bobot umbi per tanaman, jumlah umbi per tanaman, dan jumlah umbi komersial (panjang umbi >20 cm) per tanaman tertinggi dari seluruh mutan putatif potensial, tetapi rasa umbi pahit.

Tabel 4. Mutan (putatif) potensial ubi kayu yang dihasilkan dari setek bagian pangkal, tengah, dan ujung

Genotipe	Bobot umbi per tanaman (kg)	Rasa	Diameter batang (cm)	Jumlah umbi per tanaman	Jumlah umbi komersial
v1d0	7.1	Manis	32.38	10	8
v1d1-1(1)	15.0	Manis	48.92	10	8
v1d1-2(1)	10.5	Manis	43.67	9	8
v1d1-3(1)	9.0	Tawar	37.26	7	8
v1d1-4(1)	19.0	Manis	57.54	12	11
v1d1-3(2)	12.8	Tawar	42.55	10	6
v1d1-5(2)	8.6	Manis	35.97	7	6
v1d2-1(2)	11.7	Manis	49.09	10	10
v1d2-2(2)	12.0	Manis	49.39	7	6
v1d1-3(3)	8.5	Tawar	29.51	10	10
v1d1-5(3)	8.0	Manis	29.24	10	9
v2d0	10.1	Manis	34.94	12	9
v2d1-3(2)	17.5	Manis	58.68	9	9
v2d1-4(2)	14.0	Manis	54.43	14	11
v2d1-5(2)	15.0	Manis	49.49	12	9
v3d0	11.0	Pahit	44.39	14	10
v3d4-1(1)	26.0	Pahit	60.21	17	15
v3d1-1(2)	17.0	Tawar	56.12	12	9
v3d1-2(2)	15.3	Tawar	51.17	16	9
v4d0	8.7	Pahit	37.50	9	8
v4d1-1(1)	10.5	Pahit	50.87	12	8
v4d1-2(1)	11.0	Tawar	41.72	11	10
v4d1-4(1)	13.0	Pahit	43.26	9	9
v4d1-5(1)	15.5	Pahit	44.33	11	9
v4d2-1(1)	11.5	Pahit	40.44	8	8
v4d1-1(2)	16.0	Tawar	49.75	11	9
v4d1-2(2)	16.3	Tawar	49.81	13	13
v4d1-3(2)	16.5	Tawar	50.45	12	12
v4d1-4(2)	14.3	Tawar	40.59	9	8
v4d2-1(2)	13.2	Pahit	40.58	9	8
v4d1-1(3)	15.0	Pahit	47.37	14	10
v4d1-4(3)	16.1	Manis	39.50	12	10
v4d2-2(3)	12.5	Tawar	37.26	7	6
v5d0	13.8	Pahit	44.31	11	8
v5d1-2(1)	16.0	Pahit	49.96	16	12
v5d1-5(2)	16.5	Pahit	55.14	11	7
v5d2-4(2)	20.4	Pahit	62.67	10	8

Keterangan: v1 = Jame-jame, v2 = Ratim, v3 = UJ-5, v4 = Malang-4, v5 = Adira-4; d0 = 0 Gy, d1 = 15 Gy, d2 = 30 Gy; nama genotipe diikuti dengan dosis, nomor tanaman, dan ulangan

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa nilai LD<sub>20</sub> dan LD<sub>50</sub> bervariasi antar genotipe tanaman. Nilai

LD<sub>20</sub>-LD<sub>50</sub> genotipe Jame-jame, Ratim, UJ-5, Malang-4, dan Adira-4 berturut-turut 24.94-33.24 Gy, 24.06-29.53 Gy, 18.80-29.50 Gy, 7.53-18.47 Gy, dan 21.81-30.71 Gy. Dosis iradiasi 15 dan 30 Gy, serta posisi setek bagian tengah dapat

meningkatkan keragaman fenotipe karakter bobot umbi ubi kayu. Berdasarkan hasil iradiasi diperoleh 32 mutan putatif potensial ubi kayu yang memiliki bobot umbi di atas rataan genotipe asal.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada DIKTI atas Hibah Pascasarjana 2012-2014, Pemerintah Daerah Kabupaten Halmahera Utara, dan PATIR BATAN.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S.I., H. Aswidinnoor, A. Saefuddin, B. Marwoto, S. Sastrosumarjo. 2009. Induksi mutasi pada setek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma. J. Agron. Indonesia 37:62-70.
- Ceballos, H., T. Sanchez, K. Denyer, A.P. Tofino, E.A. Rosero, D. Dufour, A.M. Smith, N. Morante, J.C. Perez, B. Fahy. 2008. Induction and identification of small-granule, high-amylose mutant in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). J. Agric. Food Chem. 56:7215-7222.
- Crowder, L.V. 2006. Genetika Tumbuhan. Kusdiarti, L., penerjemah. UGM Press. Yogyakarta.
- Esnault, M.A., F. Legue, C. Chenal. 2010. Ionizing radiation: advances in plant response. Environ. Exp. Bot. 68:231-237.
- Fukuda, W.M.G., C.L. Guevara, R. Kawuki, M.E. Ferguson. 2010. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan.
- Herison, C., Rustikawati, S.H. Sutjahjo, S.I. Aisyah. 2008. Induksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). J. Akta Agrosia 11:57-62.
- Indriyati, R., N.A. Mattjik, A. Setiawan, Sudarsono. 2011. Radiosensitivitas pisang cv. Ampyang dan potensi penggunaan iradiasi sinar gamma untuk induksi varian. J. Agron. Indonesia 39:112-118.
- Joseph, R., H. Yeoh, C. Loh. 2004. Induced mutations in cassava using somatic embryos and the identification of mutant plants with altered starch yield and composition. Plant Cell Rep. 23:91-98.
- Kangarasu, S., S. Ganeshram, A.J. Joel. 2014. Determination of lethal dose for gamma rays and ethyl methane sulphonate induced mutagenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). Int. J. Sci. Res. 3:3-6.
- Owoseni, O., H. Okwaro, R. Afza, S. Bado, A. Dixon, C. Mba. 2006. Radiosensitivity and in vitro mutagenesis in African accessions of cassava, *Manihot esculenta* Crantz. Plant Mutation Reports 1:32-36.
- Pavadai, P., M. Girija, D. Dhanavel. 2010. Effect of gamma rays on some yield parameters and protein content of soybean in M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, and M<sub>4</sub> generation. J. Exp. Sci. 1:8-11.
- [PPVT] Pusat Perlindungan Varietas Tanaman. 2007. Panduan Pengujian Individual Kebaruan, Keunikan, Keseragaman, dan Kestabilan Ubi Kayu. Departemen Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.
- Susilawati, S. Nurdjanah, S. Putri. 2008. Karakteristik sifat fisik dan kimia ubi kayu (*Manihot esculenta*) berdasarkan lokasi penanaman dan umur panen berbeda. J. Teknologi dan Industri Hasil Pertanian 13:59-72.
- Tofino, A., D. Cabal, T. Sanchez, H. Ceballos. 2011. Identification of radiation induced mutants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) using morphological and physicochemical descriptors. Agronomia Colombiana 29:361-371.