

Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Kapasitas Regenerasi Kalus Nodular Tanaman Manggis

Effect of Gamma Irradiation on Regeneration Capacity of Mangosteen Nodular Callus

WARID ALI QOSIM^{1*}, ROEDHY PURWANTO², GULDOLF ALBERT WATTIMENA², WITJAKSONO³

¹Departement of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Padjadjaran
Jalan Raya Jatinangor Km. 21, Ujung Berung, Bandung 40600, Indonesia

²Departement of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bogor Agriculture Univesity, Darmaga Campus, Bogor 16680, Indonesia

³Botany Division, Research Center for Biology, The Indonesian Institute of Science, Jalan Ir. H. Juanda 22, Bogor 16122, Indonesia

Received January 12, 2007/Accepted November 12, 2007

The research was conducted to determine the effect of gamma irradiation on regeneration capacity of mangosteed nodular callus. Nodular calli derived from a leaf as explants and cultured on MS medium containing combination of 2.2 μ M benzilaminopurin (BAP) and 2.27 μ M tidiazuron (TDZ). Nodular calli were irradiated with 0 (control) 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 Gy doses of gamma irradiation. After the irradiation, the calli were generated on woody plant medium (WPM), supplemented with 1.39 μ M polyvinilpirolidon (PVP), 8 g.l⁻¹ agar, 30 g.l⁻¹ sucrose and 2.2 μ M BAP concentration. Results showed that the irradiation influence the plant regeneration. Response dose of 50% (RD) that could promote the nodular calli of shoot formation was the 25 Gy while that of the shoot number per nodular calli was the 21 Gy. The shoot number irradiated with total dose 5 Gy (9.1 shoot) was higher than that of 0 Gy (8.6 shoot).

Key words: plant regeneration, irradiation gamma rays, mangosteen

PENDAHULUAN

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) merupakan salah satu tanaman buah tropika yang digemari oleh masyarakat dan dijuluki sebagai *Queen of tropical fruit* (Ramage *et al.* 2004). Buah manggis memiliki nilai ekonomi tinggi dan mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan sebagai komoditi ekspor (www.deptan.go.id).

Pada umumnya pengusaha agribisnis kurang tertarik untuk membuka kebun manggis, karena tanaman manggis memiliki kelemahan, yaitu: (i) fase juvenil panjang, tanaman manggis pertama berbuah setelah berumur 10-15 tahun sejak tanam; (ii) lambatnya laju pertumbuhan bibit (Wieble *et al.* 1993). Kelemahan tersebut dapat diperbaiki melalui program pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman manggis diarahkan untuk mendapatkan sifat pertumbuhan cepat, masa juvenil pendek, produktivitas tinggi, kualitas buah yang baik, dan tahan terhadap hama dan penyakit (Ramage *et al.* 2004). Namun rekombinasi genetik dengan teknik hibridisasi tidak dapat dilakukan karena benang sari tidak dapat berkembang (*rudimenter*) dan serbuk sari bersifat hampa (Richard 1990).

Biji manggis merupakan biji apomik obligat. Embrio manggis berkembang dari sel nuselus pada jaringan ovul, sehingga embrio manggis yang muncul merupakan embrio somatik dan secara genetik mewarisi sifat sama dengan induknya (Richard 1990). Mekanisme reproduksi apomiksis

pada manggis termasuk ke dalam *adventitious/nucelar embryony*, yaitu: perkembangan embrio adventif dari integumen bagian luar tanpa adanya stimulasi dari perkembangan seksual (Richard 1990).

Mutasi spontan terjadi di alam dengan frekuensi sangat rendah, yaitu 10⁻⁶ tiap pembelahan sel (Predieri *et al.* 1997). Alternatif pemuliaan tanaman manggis dapat dilakukan dengan teknik induksi mutasi. Induksi mutasi berkontribusi dalam meningkatkan keragaman genetik tanaman dengan seleksi terarah akan diperoleh mutan yang diharapkan. Teknik induksi mutasi sangat baik digunakan untuk tanaman yang mengalami masalah dalam rekombinasi genetik melalui hibridisasi, seperti apomiksis, sterilitas, dan inkompatibilitas. Keberhasilan induksi mutasi telah banyak dilaporkan pada tanaman buah-buahan seperti jeruk, apel, pear, pisang, dan anggur (Maluszinski *et al.* 1995). Frekuensi mutasi dapat ditingkatkan dengan teknik induksi mutasi. Penggunaan mutagen fisik pada tanaman sangat dianjurkan dibandingkan dengan mutagen kimia, karena frekuensi mutasi yang tinggi. Mutagen fisik yang sering digunakan antara lain sinar gamma (γ) yang bersumber dari isotop Cobalt-60 (⁶⁰Co) dan Caesium-137 (¹³⁷Cs) karena: (i) mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek (10-0.01 nm) dibandingkan sinar UV; (ii) mempunyai spektrum yang luas; (iii) penetrasi ke jaringan tanaman relatif mudah; (iv) frekuensi mutasi yang terjadi cukup tinggi; (v) mudah diaplikasikan (van Harten 1998).

Penggunaan mutasi induksi dalam kultur *in vitro* pada tanaman manggis dapat meningkatkan keragaman genetik dan mengurangi pembentukan kimera dengan melakukan

*Corresponding author. Phone/Fax: +62-22-7796320,
E-mail: waqosim@hotmail.com

multiplikasi berulang akan diperoleh mutan yang solid. Kultur *in vitro* dapat mempercepat program pemuliaan tanaman mulai dari pembentukan keragaman genetik, proses seleksi dan multiplikasi genotip yang diharapkan (Maluszinski *et al.* 1995). Kombinasi iradiasi dilanjutkan dengan seleksi *in vitro* dapat meningkatkan frekuensi mutasi (van Harten 1998).

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan metode regenerasi *in vitro* tanaman manggis *in vitro*. Induksi kalus nodular menggunakan medium MS dengan kombinasi 2.22 μM benzilaminopurin (BAP) dan 2.27 μM tidiazuron (TDZ). Regenerasi tanaman menggunakan medium *woody plant medium* (WPM) dengan konsentrasi 2.22 μM BAP (Qosim *et al.* 2005). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap regenerasi tanaman manggis *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

Bahan tanaman berasal dari pohon manggis No. 8 (umur > 40 tahun) Kebun Rakyat (milik Ade Sugema) di Wanayasa, Purwakarta.

Kalus nodular diperoleh dengan menanam eksplan daun dari kultur tunas *in vitro* pada medium MS dengan suplemen kombinasi 2.2 μM BAP dan 2.27 μM TDZ. Kalus nodular kira-kira berumur delapan minggu diiradiasi dengan sinar gamma di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan radiasi (P3TIR) BATAN. Iradiator yang digunakan adalah *Gamma Chamber 4000 A* (sumber ^{60}Co) dengan dosis: 0 (kontrol), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 Gy. Pada bulan April 2003 laju dosis sinar gamma 204.4437 krad/jam. Kalus nodular yang sudah diiradiasi diregenerasikan menjadi planlet dengan menanam kalus nodular pada media WPM ditambahkan 1.39 μM polivinilpirolidon (PVP), 0.8% agar murni, 3% sukrosa, dan konsentrasi 2.2 μM BAP (Qosim *et al.* 2005). Perbedaan level dosis iradiasi sinar gamma dijadikan sebagai perlakuan dan diulang 30 kali (kultur), masing-masing botol kultur terdiri atas empat kalus nodular. Percobaan ditata dalam rancangan acak lengkap (RAL) pada saat kalus nodular diregenerasikan menjadi planlet. Kultur dipelihara pada fotoperiodisitas 16 jam terang dan suhu 22 °C. Pengamatan dilakukan setelah 20 minggu kultur terhadap variabel persentase jumlah kalus nodular yang membentuk tunas, jumlah tunas tiap kalus nodular, jumlah pasang daun, waktu pembentukan tunas dan jumlah tunas. Dosis respons (DR) pada DR_{50} ditentukan dengan menggunakan grafik persentase jumlah kalus nodular

yang membentuk tunas, jumlah tunas tiap kalus nodular. Data ditransformasikan dengan $\sqrt{x+0.5}$, kecuali persentase jumlah kalus nodular yang membentuk tunas ditransformasikan dengan $\arcsin \sqrt{x}$. Analisis statistik menggunakan program SAS Release 6.12.

HASIL

Kalus nodular yang sudah diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 0-40 Gy memberikan respons yang berbeda terhadap kemampuan regenerasi tanaman. Regenerasi dan pertumbuhan tunas pada manggis sangat lambat, sehingga pengamatan terhadap variabel tersebut dilakukan setelah 20 minggu. Kalus nodular yang beregenerasi memperlihatkan warna hijau tua, sedangkan kalus nodular yang berwarna cokelat-hitam kecenderungan tidak dapat beregenerasi dan akhirnya mati.

Peningkatan dosis iradiasi menurunkan kemampuan kalus nodular membentuk tunas. Dosis iradiasi 25 Gy telah menurunkan kapasitas pembentukan tunas dibandingkan dengan kontrol, yaitu 54.3 menjadi 25.9%. Berdasarkan uji gugus berganda Duncan ($P = 0.95$) pada taraf 5%, perlakuan 15-20 Gy menunjukkan tidak berbeda nyata meskipun nilai rata-rata tersebut berbeda. Hal yang sama pada perlakuan 30-40 Gy menunjukkan tidak berbeda nyata dan nilai rata-rata tersebut berkisar 15.9-12.00% (Tabel 1). Dengan demikian semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan maka kemampuan kalus nodular untuk beregenerasi semakin kecil bahkan mengalami kematian.

Peningkatan perlakuan dosis iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan penurunan persentase daya regenerasi kalus nodular membentuk tunas. Hal ini dapat diketahui dari analisis regresi $Y = 51.05 - 1.56 X$; Y adalah persentase kalus nodular membentuk tunas dan X adalah dosis iradiasi sinar gamma (Gambar 1). Hubungan persentase kalus nodular membentuk tunas berbanding terbalik dengan dosis iradiasi sinar gamma. Semakin tinggi dosis iradiasi yang digunakan semakin rendah persentase kalus nodular membentuk tunas.

Pada dosis respons 100% (DR_{100}) diketahui dari regenerasi tanaman tanpa perlakuan (kontrol), sedangkan DR_{50} diketahui dari penurunan 50% dari regenerasi tanaman kontrol. Nilai DR_{50} pada persentase kalus nodular yang membentuk tunas terdapat pada perlakuan dosis iradiasi sinar gamma 25 Gy (Gambar 1), karena persentase kalus nodular yang membentuk tunas pada kontrol adalah 54.3% (DR_{100}), sedangkan pada 25 Gy adalah 25.92% (DR_{50}).

Tabel 1. Nilai rata-rata dan hasil uji gugus berganda Duncan pada persentase kalus nodular yang membentuk tunas, jumlah tunas tiap kalus nodular dan waktu membentuk tunas dengan perlakuan iradiasi sinar gamma pada media WPM 2.2 μM BAP setelah 20 minggu kultur

Dosis iradiasi sinar gamma (Gy)	Jumlah kultur	Persentase kalus nodular membentuk tunas	Jumlah tunas tiap kalus nodular	Waktu membentuk tunas (hari)
0	29	54.3a	4.9a	104.5c
5	27	43.5ab	3.9a	115.0c
10	26	38.5bc	4.4a	122.2b
15	27	36.1bc	2.4b	128.0ab
20	26	30.7bc	1.9bc	126.0b
25	27	25.9cd	1.5bc	129.5a
30	25	15.9d	1.4bc	123.7b
35	26	13.5d	1.1bc	127.2ab
40	25	12.0d	0.8c	129.4a

Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji gugus berganda Duncan pada taraf 5%

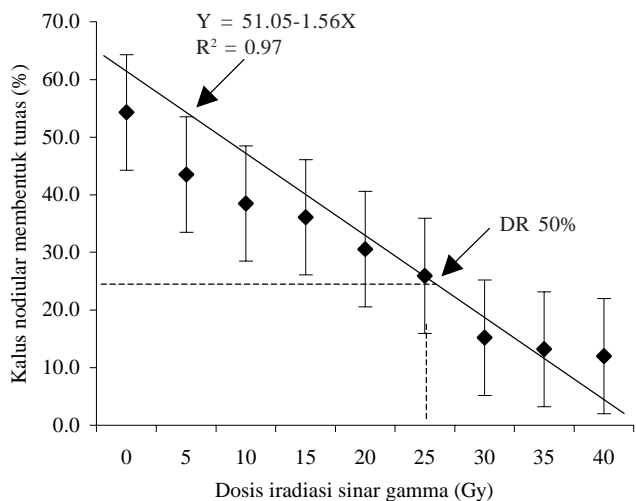
Perlakuan 0 Gy (kontrol) menunjukkan tidak berbeda dengan perlakuan 5 dan 10 Gy yang mempunyai jumlah tunas tiap eksplan lebih dari 3, sedangkan perlakuan 20, 25, 30, dan 35 Gy menunjukkan tidak berbeda nyata ($P = 0.95$) pada taraf 5% rataan jumlah tunas antara 1.0-1.8 tunas. Pada perlakuan 40 Gy menunjukkan jumlah tunas tiap kalus nodular yang paling rendah dengan nilai rata-rata 0.82 tunas. Peningkatan dosis iradiasi dapat menyebabkan jumlah tunas tiap kalus nodular menjadi berkurang. Hubungan jumlah tunas tiap kalus nodular berbanding terbalik dengan dosis iradiasi. Hal ini didukung oleh analisis regresi $Y = 4.65 - 0.11X$; Y adalah jumlah tunas tiap kalus nodular dan X adalah dosis iradiasi. Nodul kalus yang beregenerasi membentuk tunas bervariasi jumlahnya rata-rata 0.82-4.90. Semakin tinggi dosis iradiasi sinar gamma yang digunakan, maka jumlah tunas tiap kalus nodular yang dihasilkan semakin sedikit.

Berdasarkan analisis regresi setiap peningkatan interval dosis iradiasi 5 Gy terjadi penurunan jumlah tunas per kalus nodular membentuk tunas sebesar 0.5. Nilai DR_{50} diketahui berdasarkan Gambar 2 yaitu 21 Gy, karena pada dosis iradiasi 0 Gy jumlah tunas per kalus nodular adalah 4.90 tunas (DR_{100}), sedangkan dosis iradiasi 15 Gy adalah 2.4 tunas (Gambar 2).

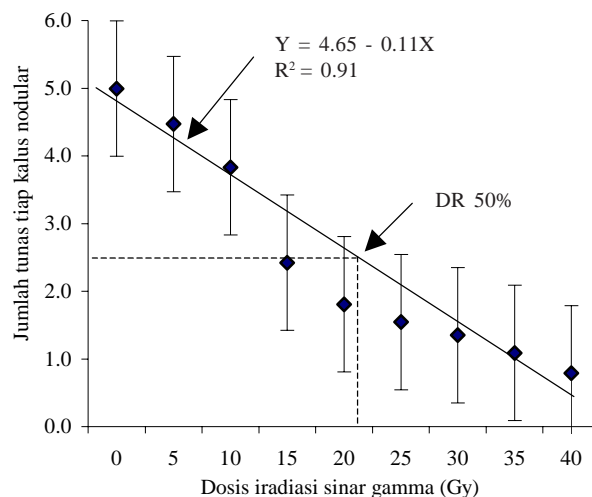
Waktu yang diperlukan kalus nodular membentuk tunas bervariasi rata-rata antara 104.45-129.53 hari. Pada perlakuan 0 Gy rata-rata 104.5 hari kalus nodular dapat membentuk tunas,

sedangkan yang paling lama terdapat pada perlakuan 25 dan 40 Gy, masing-masing 129.5 dan 129.4 hari. Waktu yang diperlukan untuk regenerasi membentuk tunas sangat lama. Hal ini menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan tunas pada tanaman manggis sangat lambat yang disebabkan oleh faktor genetik.

Pada perlakuan 0, 5, dan 10 Gy jumlah tunas yang panjangnya 1-5 mm berjumlah di atas lima. Pada jumlah tunas yang panjangnya 6-10 mm perlakuan 0 dan 5 Gy menunjukkan tidak berbeda nyata dengan nilai rata-rata tunas berjumlah lebih dari dua. Perlakuan lainnya jumlah tunas yang panjangnya 6-10 mm berjumlah kurang dari dua, bahkan perlakuan di atas 25 Gy panjang tunas di atas 10 mm berjumlah kurang dari satu. Hal ini menunjukkan bahwa panjang tunas pada manggis sangat lambat perkembangannya, meskipun ada beberapa planlet yang berukuran lebih dari 10 mm. Jumlah pasang daun yang muncul biasanya panjang tunas yang lebih dari 5 mm, sedangkan jumlah tunas yang panjangnya 1-5 mm belum muncul daun, sehingga belum dapat dihitung. Jumlah tunas yang panjangnya paling tinggi pada perlakuan 0 Gy (kontrol), yaitu 1.0 dan diikuti perlakuan 5 Gy, yaitu 0.9. Jumlah tunas yang paling rendah terdapat pada perlakuan 40 Gy, yaitu 0.1. Berdasarkan uji berganda Duncan perlakuan 0 dan 5 Gy jumlah pasang daun menunjukkan tidak berbeda nyata ($P = 0.95$) pada taraf 5%,



Gambar 1. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap persentase kalus nodular dalam pembentukan tunas pada medium WPM 2.2 mM BAP dihitung setelah 20 minggu kultur.



Gambar 2. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap jumlah tunas tiap kalus nodular pada medium WPM 2.2 μ M BAP dihitung setelah 20 minggu kultur.

Tabel 2. Nilai rataan dan hasil uji gugus berganda Duncan pada jumlah pasang daun dan jumlah panjang tunas akibat perlakuan iradiasi sinar gamma pada media WPM 2.2 μ M BAP setelah 20 minggu kultur

Dosis iradiasi gamma (Gy)	Jumlah kultur	Jumlah pasang daun tiap tunas	Jumlah tunas yang panjangnya (mm)		
			1-5	6-10	> 10
0	29	1.0a	5.9a	2.3a	0.4ab
5	27	0.9a	6.6a	2.2a	0.3ab
10	26	0.6b	5.5a	1.3b	0.6a
15	27	0.3bc	3.1b	1.3b	0.2bc
20	26	0.4bc	3.1b	1.3b	0.3ab
25	27	0.2c	1.8bc	0.9b	0.2bc
30	25	0.1c	1.2c	0.6b	0.1c
35	26	0.1c	0.9c	0.8b	0.2bc
40	25	0.1c	0.6c	0.6b	0.1bc

Nilai rataan yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji berganda Duncan pada taraf 5%

meskipun nilai rata-rata tersebut berbeda. Perlakuan 10 Gy berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan 15 dan 20 Gy menunjukkan tidak berbeda nyata ($P = 0.95$), begitu juga perlakuan 25 Gy sampai 40 Gy menunjukkan tidak berbeda ($P = 0.95$) (Tabel 2). Pada dosis iradiasi sinar gamma 5 Gy terdapat tanaman kimera, muncul tunas albino.

PEMBAHASAN

Sedangkan Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa DR_{50} untuk persentase kalus nodular membentuk tunas adalah 25 Gy, sedangkan DR_{50} untuk jumlah tunas tiap kalus nodular adalah 21 Gy. Nilai DR_{50} pada perkembangan embrio somatik alpukat diperoleh pada dosis iradiasi sinar gamma 35 Gy (Witjaksono & Litz 2004), sedangkan pada tanaman pisang adalah 45 Gy (Bhagwat & Duncan 1998).

Keberhasilan induksi mutasi sangat bergantung pada genotipe yang digunakan, bagian tanaman yang diiradiasi dan dosis yang diaplikasikan (Micke & Donini 1993). Pada pisang, *shoot tip* digunakan sebagai materi induksi mutasi dengan sinar gamma dan dosis yang dianjurkan 25 Gy untuk diploid, 35 Gy untuk triploid (AAA), 40 Gy untuk AAB dan ABB, dan 50 Gy untuk tetraploid (AAAA) (Bhagwat & Duncan 1998). Pada jeruk, nodul kalus yang diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 8-16 Gy (Predieri *et al.* 1997).

Dalam pemuliaan, pada umumnya frekuensi mutasi meningkat dengan meningkatnya dosis dan laju dosis, meskipun survival dan kemampuan kalus untuk regenerasi menurun dengan meningkatnya dosis (Bhagwat & Duncan 1998). Energi yang diserap oleh jaringan tanaman akan menyebabkan stimulasi sintesis auksin terganggu, sehingga dalam pertumbuhan tanaman mengalami hambatan (Maluszinski *et al.* 1995). Pengaruh iradiasi pada ujung akar menyebabkan berkurangnya produksi akar lateral dan pembentukan meristem akar baru. Pada pisang DR_{50} terjadi pada dosis 30-40 Gy (Bhagwat & Duncan 1998). Pada tanaman krisan terjadi pada dosis 15 Gy dan muncul mutasi sektoral dan periklinal pada genotipe 'Borholm' (Qosim *et al.* 1999).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata regenerasi pada dosis 5 dan 10 Gy lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, meskipun ada beberapa regenerasi yang muncul tunasnya lebih cepat dibandingkan dengan regenerasi kontrol. van Harten (1998) menyatakan radiasi dosis rendah akan menstimulasi perubahan fisiologi tanaman dan pada saat ini perlakuan dosis rendah banyak digunakan untuk peningkatan perkecambahan dan peningkatan hasil tanaman. Pada kentang, penggunaan sinar gamma pada dosis rendah (2.5 Gy) dapat meningkatkan berat umbi mikro kentang (Al-Safadi *et al.* 2000). Dosis rendah dapat memberi pengaruh positif terhadap pertumbuhan tunas karena dosis rendah dapat menyebabkan degradasi auksin sehingga menggeser keseimbangan hormonal ke arah yang mendorong pertumbuhan (van Harten 1998).

Mohr and Schopfer (1995) menyatakan radiasi pengion (iradiasi gamma) akan menghasilkan ion dan radikal dalam bentuk hidroksil ($OH\cdot$). Radikal hidroksil dan hidrogen peroksida yang dihasilkan oleh pancaran iradiasi sinar gamma akan bersenyawa dengan bahan tanaman yang diiradiasi dan

menyebabkan kerusakan fisiologis berupa terhambatnya proses pembelahan dan diferensiasi sel dan kerusakan gen. Jika radikal hidroksil menempel pada rantai nukleotida dalam DNA, maka utas tunggal atau ganda DNA akan patah, sehingga akan mengalami perubahan gen. van Harten (1998) menyatakan kerusakan DNA akibat iradiasi sinar gamma dapat berupa transisi atau transversasi antara purin dan pirimidin, tali utas tunggal ataupun tali utas ganda akan patah.

Iradiasi sinar gamma dapat menyebabkan perubahan morfologi, fisiologi, dan mutasi pada manggis. Perubahan morfologi regenerasi mutan dibuktikan adanya ukuran regenerasi, bentuk daun, dan perakaran, sedangkan perubahan fisiologis diduga akibat ketidakseimbangan hormonal di dalam tanaman. Ada empat macam perubahan genetik yang mungkin terjadi, yaitu: perubahan jumlah genom, perubahan jumlah kromosom, perubahan struktur kromosom, perubahan gen. Jika radiasi pengion merusak benang spindel, maka akan terjadi perubahan jumlah genom sehingga menyebabkan terjadinya enauploidi. Jika radiasi pengion memutuskan rantai kromosom, maka dapat merubah struktur kromosom (aberasi kromosom) seperti delesi, inversi, duplikasi, dan translokasi. Jika radiasi pengion dapat menyebabkan perubahan pada sekuens DNA, maka disebut mutasi gen. Mutasi juga dapat terjadi di luar kromosom atau pada sitoplasma, yaitu pada kloroplas dan mitokondria (van Harten 1998).

Peluang terjadinya mutasi pada kalus nodular yang diiradiasi adalah perubahan struktur kromosom dibandingkan dengan tipe mutasi lainnya, karena kalus nodular merupakan kumpulan massa sel yang tidak terorganisasi yang belum mengalami diferensiasi dan membelah diri secara terus menerus (Te-chato 1999). Kalus nodular manggis sangat peka terhadap iradiasi karena sel-sel pada kalus nodular sedang aktif membelah diri sehingga peluang terjadinya mutasi sangat besar. Pada sel yang aktif membelah diri pengaruh iradiasi dapat terjadi pada tahap sintesis DNA, G_1 , G_2 , dan mitosis. Jika radiasi pengion mengenai sel pada tahap G_1 dimana kromatin DNA belum disintesis, maka sel mengalami duplikasi dan terjadi pemotongan kromosom, sedangkan pada tahap G_2 dimana kromatin DNA sudah disintesis, maka sebagian kromosom akan terpotong. Menurut van Harten (1998), tahap sintesis DNA dan G_2 merupakan target untuk perlakuan mutagen, karena pada tahap ini sel mengalami penggandaan kromosom, sehingga mutasi kromatid lebih mudah terjadi.

Iradiasi sinar gamma dapat berpengaruh terhadap perubahan fisiologis regenerasi. Perubahan tersebut berkaitan dengan energi iradiasi yang diserap oleh jaringan tanaman sehingga menyebabkan stimulasi sintesis auksin endogen terganggu. Selain perubahan fisiologis, perubahan genetik dapat terjadi akibat iradiasi sinar gamma. Perubahan fisiologis dan genetik dapat diekspresikan dengan adanya perubahan penampilan fenotipik regenerasi yang sangat bervariasi. Pada umumnya, ukuran tanaman regenerasi sangat pendek dan ukuran daun kecil, bahkan ada tunas albino yang muncul. Pada generasi selanjutnya, kerusakan fisiologis berangsur pulih. Sel-sel yang mengalami kerusakan mengalami *recovery*, sedangkan gen termutasi dapat diwariskan pada generasi berikutnya (Maluszinski *et al.* 1995).

Iradiasi sinar gamma dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman manggis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dosis lebih dari 25 Gy membutuhkan waktu 129 hari untuk membentuk tunas. Hal ini menunjukkan bahwa regenerasi pada dosis tinggi menyebabkan pertumbuhan yang terhambat, sulit berakar bahkan sama sekali tidak tumbuh. Pengaruh pertumbuhan tersebut disebabkan oleh kerusakan fisiologis akibat iradiasi sinar gamma.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Kajian Buah-buahan Tropika (PKBT) Institut Pertanian Bogor atas dukungan finansial melalui Proyek Riset Unggulan Strategi Nasional (RUSNAS) atas nama PKBT IPB dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti) melalui Hibah Bersaing XII (No. Kontrak: 027/SPPP/PP/DP3M/IV/2005) atas nama Warid Ali Qosim serta semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Safadi B, Ayyoubi Z, Jawdat D. 2000. The effect of gamma irradiation on potato microtuber production *in vitro*. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 61:183-187.
- Bhagwat B, Duncan EJ. 1998. Mutation breeding of highgate (*Musa acuminata*, AAA) for tolerance to *Fusarium oxysporium* sp. *cubense* using gamma irradiation. *Euphytica* 101:143-150.
- Maluszynski M, Ahloowalia BS, Sigurbjörnsson B. 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. *Euphytica* 85:303-315.
- Micke A, Donini B. 1993. Induced mutation. In: Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I (eds). *Plant Breeding Principles and Prospects*. London: Chapman and Hall.
- Mohr H, Schopfer. 1995. *Plant Physiology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Predieri S, Magli M, Zimmerman RH. 1997. Pear mutagenesis: *in vitro* treatment with gamma-rays and field selection for vegetatif form traits. *Euphytica* 93:227-237.
- Qosim WA, Murdaningsih, Setiamihardja R, Mugiono. 1999. Parameter genetik karakter morfologi krisan generasi MV₂ akibat iradiasi sinar gamma. *J Pemuliaan Zuriat* 10:58-67.
- Qosim WA, Purwanto R, Wattimena GA, Witjaksono. 2005. Pembentukan planlet manggis dari kalus nodular *In Vitro*. *Zuriat* 16:58-67.
- Ramage CM, Sando L, Peace CP, Caroll BJ, Drew RJ. 2004. Genetic diversity revealed in the apomict fruit species *Garcinia mangostana* L. (mangosteen). *Euphytica* 136:1-10.
- Richard AJ. 1990. Studies in *Garcinia* dioecious tropical forest trees: the origin of the mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Botanical J Linnean Society* 103:301-308.
- Te-chato S. 1999. Mutation induction in mangosteen, effect of mutagen on biochemical and histological change. *J Sci Technol* 21:17-24.
- Wieble J, Chacko EK, Downton WJS. 1993. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.): A potential crop for tropical Northern Australia. *Act Hort* 321:132-137.
- Witjaksono, Litz RE. 2004. Effect of gamma irradiation on embryogenic avocado culture and somatic embryo development. *Plant Cell* 77:139-147.
- van Harten AV. 1998. *Mutation Breeding. Theory and Practical Application*. London: Cambridge Univ Pr.