

# **BEBERAPA LEVEL DOSIS IRRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP TANAMAN MANGGIS DALAM UPAYA PENINGKATAN VARIABILITAS GENETIK TANAMAN MELALUI MUTASI INDUKSI<sup>1)</sup>**

Hamda Fauza, Yanriko, dan Istino Ferita<sup>2)</sup>

Kata Kunci : variabilitas genetik, manggis, sinar gamma, RAPD

## **ABSTRAK**

Manggis termasuk tanaman yang mengalami reproduksi secara apomiksis, sehingga variabilitas genetiknya sempit. Mendapatkan jenis baru menggunakan metode pemuliaan tanaman terkendala dengan terbatasnya variabilitas genetik yang ada. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan variabilitas genetik adalah melalui mutasi. Mutasi dapat dilakukan melalui induksi mutagen fisik, salah satunya dengan irradiasi sinar gamma.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi bagaimana variabilitas dan penampilan fenotipik manggis sebagai akibat beberapa dosis sinar gamma. Dosis iradiasi sinar gamma yang digunakan adalah 0 krad (A), 2 krad (B), 4 krad (C), dan 6 krad (D). Percobaan di lapangan ditata dalam rancangan acak kelompok (RAK). Sumber bahan tanaman yang akan diiradiasi berasal dari biji buah manggis yang berasal dari satu tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan variabilitas fenotipik di antara individu tanaman. Iradiasi sinar gamma dengan dosis 2 krad memperlihatkan pengaruh yang lebih baik terhadap daya hidup tanaman

Kata Kunci : variabilitas, manggis, sinar gamma

<sup>1)</sup> Disampaikan pada seminar hasil penelitian Dana Rutin Unand 2004 tgl 27-28 September 2004

<sup>2)</sup> Fakultas Pertanian Universitas Andalas

## I. PENDAHULUAN

Manggis termasuk tanaman yang bijinya bersifat apomiksis, biji terbentuk tanpa proses fertilisasi, tetapi melalui perkembangan jaringan nuselus. Sifat apomiksis mengakibatkan sifat genetik turunan identik dengan induknya, sehingga tanaman dengan sifat biji apomiksis mempunyai variabilitas genetik yang sangat sempit. Untuk mendapatkan kultivar baru melalui program pemuliaan tanaman diperlukan variabilitas genetik yang luas. Oleh sebab itu sangat penting bagi pemulia tanaman untuk selalu memperluas variabilitas genetik sebagai bahan program pemuliaan, baik melalui eksplorasi, introduksi maupun cara lainnya.

Gill (1989) menyatakan bahwa untuk mendukung kegiatan pemuliaan, pemulia tanaman harus memiliki koleksi bahan pemuliaan (plasma nutfah), yang selalu bertambah dari waktu ke waktu dengan koleksi yang baru dan elite yang memiliki variabilitas genetik yang diinginkan. Beberapa metoda yang dapat dilakukan untuk meningkatkan variabilitas genetik diantaranya adalah melalui mutasi.

Mutasi induksi adalah salah satu teknik untuk meningkatkan variabilitas genetik dan mendapatkan genotipe baru yang lebih baik. Dengan melakukan seleksi yang terarah seperti hasil, resistensi terhadap genangan air, resistensi terhadap hama dan penyakit, kegenjahan, kualitas produksi, kandungan protein, adaptabilitas dan lain-lain karakter yang diharapkan dapat diperoleh (Sigurbjonsson dan Micke, 1974 dikutip Fehr, 1987).

Pemuliaan tanaman dengan teknik mutasi dapat meningkatkan variabilitas genetik tanaman dan dapat dilakukan dengan radiasi pengion, seperti, sinar gamma, alfa, partikel beta, proton dan neutron. Sumber utama sinar gamma dapat berasal dari isotop Cobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) dan Caesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) yang memiliki panjang gelombang pendek yaitu 0.01 A (Briggs dan Constantin, 1977). Mutagen fisik dan kimia dapat digunakan pada tanaman, tetapi mutagen kimia kurang efektif digunakan pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif dibandingkan mutagen fisik, hal ini disebabkan penetrasi mutagen kimia pada jaringan vegetatif kurang efektif (Phema dan Sleps, 1995 dikutip Qosim (1999)).

Keberhasilan mutasi induksi pada tanaman sangat tergantung pada genotipe yang digunakan, bagian tanaman yang diradiasi, dan dosis mutagen yang diaplikasikan. Bagian tanaman yang akan diradiasi sinar gamma disebut generasi  $M_0$ , yang setelah diradiasi disebut  $M_1$ . Sedangkan tanaman yang berasal dari tunas  $M_1$  disebut generasi  $MV_2$ . Pengaruh iradiasi sinar gamma pada tanaman  $M_1$  ada empat macam, yaitu : (1) kematian tanaman, (2) pertumbuhan terhambat, (3) perkembangan morfologi yang abnormal, dan (4) perubahan genetik (Chaudhary, 1971). Kematian tanaman, pertumbuhan terhambat dan perkembangan morfologi abnormal disebabkan kerusakan fisiologis tanaman yang terjadi pada generasi  $M_1$ , sedangkan perubahan baru terlihat pada generasi  $MV_2$  yang diwariskan pada generasi selanjutnya. Kerusakan fisiologis tanaman yang rendah dan perubahan genetik yang tinggi pada generasi  $M_1$  sangat diharapkan dalam program pemuliaan tanaman (Gaul, 1977).

Menurut Ismachin (1994), induksi dengan mutagen sebenarnya merupakan perlakuan yang merusak, bukan penyusun gen. Karena itu kerusakan yang terjadi berlaku umum yakni semua sel akan dirusak, sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang diinduksi mutasi mengalami gangguan. Pada tanaman generasi pertama, yakni generasi perlakuan mengalami kerusakan morfologis dan perubahan genetik. Pemisahan kedua penyebab tersebut sulit dilakukan, karena keduanya akan sama-sama terjadi sebagai akibat perlakuan dengan mutagen dan kerusakan dari masing-masing akan merupakan gangguan fisiologis bagi pertumbuhan tanaman. Besarnya kerusakan akan tergantung pada pengaturan dan besarnya dosis yang digunakan. Perlakuan dengan mutagen terbaik adalah yang mampu menghasilkan pengaruh genetik yang kuat dengan kerusakan fisiologis yang sedikit.

Ekspresi fenotipik suatu karakter dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan, serta interaksi dari keduanya. Seperti pendapat Yatim (1991) bahwa fenotipe adalah hasil kerjasama genotipe dengan lingkungan. Sementara itu pengaruh mutagen pada generasi  $M_1$  dari benih yang diberi perlakuan adalah kerusakan fisiologis yang disebabkan kerusakan kromosom perubahan genetik atau kerusakan bagian luar kromosom. Sehingga pada generasi ini juga akan memperlihatkan variabilitas fenotipik.

Analisis keragaman morfologi dapat dilihat berdasarkan data pengamatan atau pengukuran karakter morfologi tertentu (Falconer, 1970). Nilai fenotipe morfologi mengandung nilai genotipe, deviasi lingkungan dan interaksi antara genotipe dan lingkungan. Banyak metode dikemukakan untuk menduga parameter genetik berdasarkan sifat morfologi, umumnya dilakukan dengan uji progeni. Cara ini sulit dilakukan, terutama untuk tanaman tahunan, karena memerlukan waktu yang lama (Asmano, 1992). Perbedaan penampilan fenotipik yang terjadi dapat diamati dengan mengamati karakter-karakter morfologi tanaman, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan lain-lain.

Penelitian tentang aplikasi mutagen fisik telah banyak dilakukan pada tanaman lain, seperti : krisan (Broetjes dan Van Harten, 1987), jabe *in vitro* (Mariska dkk., 1994), gerbera *in vitro* (Prasetyorini, 1991), kentang *in vitro* (Sastra, 1996), dan manggis Prommee and Sompong (1998).

Hasil penelitian Fauza (2003) menunjukkan bahwa mutasi induksi menggunakan sinar gamma sampai dosis 4 krad dapat meningkatkan variabilitas tanaman manggis, dimana samapai dosis 4 krad persentase tanaman yang hidup mencapai 62%. Sehingga pada dosis yang lebih tinggi masih memungkinkan terjadinya variasi yang lebih luas. Karena menurut Fehr (1987) dosis merupakan variabel utama pada penggunaan mutagen dalam program pemuliaan mutasi. Penentuan dosis dilakukan melalui berbagai penelitian. Aplikasi pada biji biasanya digunakan dosis  $LD_{50}$ . Cara yang paling efektif untuk menentukan  $LD_{50}$  pada biji adalah dengan menggunakan suatu kultivar dengan dosis yang bervariasi pada kondisi lingkungan seragam.

Level dosis yang diaplikasikan akan memberikan efek yang berbeda baik secara kualitas maupun secara kuantitas terhadap hasil yang didapatkan. Untuk itu pemilihan level dosis harus dilakukan dengan teliti dan mengacu kepada berbagai penelitian yang telah dilakukan pada tanaman lain (Eisenlohr, 1997).

Bertitik tolak dari uraian tersebut, maka direncanakan untuk melakukan penelitian dengan judul : "Beberapa Level Dosis Irradiasi Sinar Gamma Terhadap Tanaman Manggis Dalam Upaya Peningkatan Variabilitas Genetik Tanaman Melalui

Mutasi Induksi." Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi bagaimana variabilitas dan penampilan fenotipik manggis sebagai akibat beberapa dosis sinar gamma.

## II. BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada beberapa tempat, sesuai dengan tahap kegiatan. Iradiasi sinar gamma dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR BATAN) Pasar Jumat Jakarta. Penanaman di Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Pelaksanaan percobaan mulai bulan Juni sampai dengan Agustus 2004.

Dosis iradiasi sinar gamma yang digunakan adalah 0 krad (A), 2 krad (B), 4 krad (C), dan 6 krad (D). Percobaan di lapangan ditata dalam rancangan acak kelompok (RAK). Setiap ulangan pada masing-masing perlakuan terdiri dari 50 benih untuk perlakuan iradiasi. Sumber bahan tanaman yang akan diiradiasi adalah biji manggis. Pelaksanaan percobaan terdiri dari tahap; iradiasi sinar gamma, dan penanaman.

Pada penelitian mutasi, mutagen mengakibatkan mutasi yang tidak terarah, sehingga memungkinkan terjadinya variasi antar individu dalam satu perlakuan. Untuk itu, variasi fenotipik dalam setiap perlakuan dianalisis berdasarkan pengukuran masing-masing karakter pengamatan, ditentukan nilai rata-rata, varians, dan standar deviasinya. Nilai varians fenotipik ditentukan menurut Steel dan Torrie (1995), sebagai berikut :

$$\sigma_f^2 = \frac{\sum X_i^2 - (1/n)\sum (X_i)^2}{n-1}$$

Standar deviasi dari varians fenotipe dihitung berdasarkan rumus Anderson dan Bancroft (1952) dikutip Darajat (1987), sebagai berikut :

$$Sd_{\sigma_f^2} = \frac{\sqrt{\sigma_f^2}}{n+1}$$

keterangan :

$\sigma_f^2$  = varians fenotipe

$X_i$  = nilai rata-rata entri ke  $i$

$n$  = jumlah nomor yang diuji

$Sd_{\sigma_f^2}$  = standar deviasi varians fenotipe

Kriteria penilaian terhadap luas atau sempitnya dihitung menurut Pinaria (1995), yaitu :

- Bila  $\sigma_f^2 \geq 2 Sd_{\sigma_f^2}$  berarti varians fenotipenya luas
- Bila  $\sigma_f^2 < 2 Sd_{\sigma_f^2}$  berarti varians fenotipenya sempit

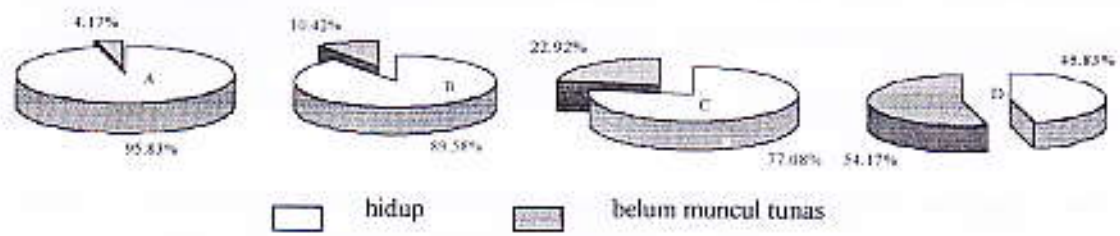
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma terhadap Pertumbuhan

Pertumbuhan tanaman manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gamma pada umur 10 minggu setelah tanaman (mst) ditampilkan pada Gambar 2. Kondisi tanaman sampai umur 10 mst menunjukkan bahwa pada perlakuan 0 krad, 2 krad, dan 4 krad, sebagian besar (lebih dari 50%) tanaman telah tumbuh walaupun dengan persentase yang berbeda. Perlakuan 0 krad menunjukkan persentase tumbuh tertinggi bila dibanding perlakuan lainnya. Sementara itu pada perlakuan 6 krad tanaman yang tumbuh hanya 43%.

Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat semakin tinggi dosis iradiasi yang diaplikasikan, semakin menurun daya tumbuh (*survival*) tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Ismachin (1988), yang menyatakan bahwa besarnya kerusakan tergantung dari besarnya dosis perlakuan. Makin tinggi dosis perlakuan makin besar kerusakan fisiologis yang berakhir pada timbulnya kematian. Kerusakan fisiologis ini hanya terjadi pada M1, tetapi perubahan genetik akan diturunkan pada generasi selanjutnya dan seterusnya. Sedangkan terjadinya mutasi tidak bisa diamati pada

generasi M1 atau V1, kecuali dengan penduga yang khusus. Adanya mutasi baru dapat dilihat pada M2 dan generasi selanjutnya.



Gambar 1. Kondisi tanaman manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gamma pada umur 10 mst.

Perkembangan tanaman di lapangan sampai pada umur 10 mst menunjukkan bahwa masih terdapat tunas baru yang muncul pada semua perlakuan, dan diperkirakan pada waktu selanjutnya masih ada tunas yang akan tumbuh baru. Jadi, tanaman yang belum muncul tunas (bmt) belum dapat dikatakan mati atau tidak tumbuh, karena sampai akhir periode pengamatan masih terdapat tunas baru yang muncul pada setiap perlakuan.

Data hasil pengamatan terhadap 7 karakter fenotipik manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gamma disajikan pada Tabel 1. Pengamatan terhadap karakter fenotipik tersebut hanya dilakukan pada tanaman yang tumbuh sempurna. Jumlah tanaman yang diamati untuk setiap perlakuan berkisar antara 22 tanaman sampai dengan 46 tanaman.

Walaupun perlakuan tanpa iradiasi sinar gamma merupakan persentase tertinggi untuk tanaman yang tumbuh sempurna (tingkat *survival* tertinggi) sampai pada umur 10 mst, namun untuk sebagian besar karakter fenotipik yang diamati ternyata perlakuan iradiasi sinar gamma 2 krad memperlihatkan penampilan yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lain.

Pada pengamatan saat muncul tunas, perlakuan 2 krad membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat (25.35 hari) dibandingkan dengan perlakuan lainnya termasuk perlakuan 0 krad. Perlakuan 6 krad membutuhkan waktu hampir dari dua kali lipat

dari perlakuan 2 krad untuk saat muncul tunas (48.86 hari). Demikian juga untuk beberapa karakter lainnya seperti tinggi tanaman, jumlah tunas per benih, jumlah daun per tanaman, panjang daun terpanjang dan lebar daun terlebar terlihat pada Tabel 2, perlakuan 1 krad cenderung memperlihatkan nilai tertinggi. Sementara itu perlakuan 6 krad memberikan nilai yang terkecil hampir untuk semua karakter yang diamati.

Tabel 1. Rata-rata pengamatan beberapa karakter fenotipik tanaman manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gamma umur 10 mst

No	Karakter	Dosis Iradiasi (krad)			
		0	2	4	6
1.	Saat muncul tunas (hari)	29.13	<b>25.35</b>	34.43	48.86
2.	Tinggi tanaman (cm)	8.52	<b>8.57</b>	7.28	6.69
3.	Diameter batang (cm)	0.26	0.25	<b>0.27</b>	0.26
4.	Jumlah tunas per benih (buah)	1.22	<b>1.23</b>	1.16	1.09
5.	Jumlah daun per tanaman (buah)	2.30	<b>2.47</b>	2.32	2.06
6.	Panjang daun terpanjang (cm)	5.01	<b>5.13</b>	3.98	3.61
7.	Lebar daun terlebar (cm)	3.33	<b>3.53</b>	2.64	2.35

Keterangan : angka yang dicetak tebal merupakan yang terbaik dari ke empat perlakuan

Terjadinya perbedaan nilai rata-rata beberapa karakter fenotipik pada setiap perlakuan yang diamati tersebut diduga disebabkan oleh aplikasi beberapa level dosis sinar gamma pada biji tanaman manggis. Sax dan Schairer (?) dikutip Chondorkar dan Clark (1986) menyatakan bahwa salah satu akibat pemberian radiasi adalah berkurangnya jumlah auksin bebas dalam tanaman, yang dapat menyebabkan kerusakan seluler pada jaringan meristem sehingga pertumbuhan menjadi terhambat. Auksin merupakan zat yang mendorong elongasi sel yang diikuti dengan pembesaran sel. Gordon (1961) dikutip Prasetyorini (1991) melaporkan bahwa berkurangnya IAA pada jaringan tanaman yang mendapatkan iradiasi, disebabkan penghambatan sistem enzim yang sangat radiosensitif, sehingga proses perubahan *indolacetaldehyde* menjadi IAA terganggu. Gangguan tersebut menyebabkan hambatan pada



pertumbuhan tanaman. Hambatan pertumbuhan tanaman akibat iradiasi dapat terjadi pada daerah meristem atau titik tumbuh. Desrosier and Rosentrock (1960) juga menyatakan bahwa hambatan pertumbuhan tanaman tersebut disebabkan oleh terganggunya stimulasi sintesis auksin.

Dalam penelitian ini ternyata sampai umur 10 mst, pemberian iradiasi sinar gamma dengan dosis 2 krad justru menunjukkan nilai yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman manggis dibandingkan dengan tanpa iradiasi. Tetapi peningkatan dosis di atas 2 krad memperlihatkan nilai yang cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi akibat iradiasi sinar gamma ternyata dapat bersifat positif dan juga negatif, tergantung dari level dosis yang diaplikasikan. Pemberian iradiasi sinar gamma dengan dosis 2 krad pada benih tanaman manggis pada penelitian ini dapat merangsang pertumbuhan tanaman

#### 4.1.2. Variabilitas Fenotipik

Variabilitas fenotipik tanaman manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gamma sampai umur 10 mst yang dianalisis berdasarkan pengukuran masing-masing karakter pengamatan, dengan penghitungan nilai rata-rata, varians, dan standar deviasi ditampilkan pada Tabel 2.

Dari data pada Tabel 2, terlihat bahwa dari 10 karakter yang diamati, terjadi variabilitas fenotipik yang luas pada sebagian kecil karakter. Untuk karakter saat muncul tunas memperlihatkan variabilitas yang luas untuk semua perlakuan. Perlakuan 4 krad memperlihatkan pengaruh yang sama dengan perlakuan 6 krad.

Hal tersebut di atas menunjukkan bahwa beberapa dosis iradiasi sinar gamma yang diaplikasikan menunjukkan pengaruh yang hampir sama terhadap variabilitas fenotipik tanaman manggis generasi  $M_1$ . Menurut Hendro (1981) kepekaan dari jaringan tanaman terhadap radiasi tidak hanya dipengaruhi oleh dosis radiasi, tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat ontogeni dan fase dari siklus sel. Selain itu juga dipengaruhi oleh kemampuan sel-sel dalam jaringan tanaman untuk memperbaiki diri dari kerusakan yang disebabkan oleh iradiasi

Tabel 2. Variabilitas fenotipik tanaman manggis hasil iradiasi beberapa dosis sinar gama umur 10 mst

No.	Karakter	0 krad		2 krad		4 krad		6 krad	
		$\sigma_j^2$ & $Sd_{\sigma_j^2}$	Kriteria	$\sigma_j^2$ & $Sd_{\sigma_j^2}$	Kriteria	$\sigma_j^2$ & $Sd_{\sigma_j^2}$	Kriteria	$\sigma_j^2$ & $Sd_{\sigma_j^2}$	Kriteria
1.	Saat muncul tunas (hari)	118.92:15.90	luas	15.04:5.88	luas	173.20:15.24	luas	153.74:12.40	luas
2.	Tinggi tanaman (cm)	3.36:1.84	sempit	3.10:1.76	sempit	4.02:2.01	luas	4.30:2.05	luas
3.	Diameter batang (cm)	0.00:0.02	sempit	0.00:0.02	sempit	0.00:0.02	sempit	0.00:0.02	sempit
4.	Jumlah tunas per biji (buah)	0.17:0.42	sempit	0.23:0.48	luas	0.14:0.37	sempit	0.09:0.29	sempit
5.	Jumlah daun per tanaman (buah)	0.66:0.81	sempit	0.73:0.85	sempit	0.77:0.88	sempit	0.70:0.84	sempit
6.	Panjang daun terpanjang (cm)	2.27:1.51	sempit	1.52:1.23	sempit	2.29:1.51	sempit	2.56:1.60	sempit
7.	Lebar daun terlebar (cm)	0.78:0.87	sempit	0.86:0.93	sempit	1.03:1.01	sempit	0.68:0.82	sempit

Berdasarkan hal tersebut di atas, terlihat bahwa aplikasi beberapa dosis iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan variabilitas fenotipik untuk beberapa karakter yang diamati. Namun demikian belum didapatkan informasi apakah variabilitas yang terjadi disebabkan mutasi (perubahan genetik) atau hanya kerusakan fisiologis.

Pengaruh mutagen pada generasi  $M_1$  dari benih yang diberi perlakuan adalah kerusakan fisiologis yang disebabkan kerusakan kromosom (perubahan genetik) atau kerusakan bagian luar kromosom. Gaul (1977) menyatakan pemisahan penyebab kerusakan tersebut adalah kerusakan kromosom atau kerusakan bagian luar kromosom sulit dilakukan, karena keduanya akan sama-sama terjadi sebagai akibat perlakuan dengan mutagen ; kerusakan dari masing-masing akan merupakan gangguan pertumbuhan tanaman. Besarnya kerusakan ini tergantung pada pengaturan dan besarnya dosis yang digunakan dan akan meningkat sampai batas tertentu (letalitas). Perlakuan dengan mutagen yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan perubahan genetik yang banyak dengan kerusakan fisiologis yang sedikit.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan variabilitas fenotipik di antara individu tanaman, baik antar perlakuan maupun di dalam perlakuan. Iradiasi sinar gamma dengan dosis 2 krad memperlihatkan pengaruh yang lebih baik terhadap daya hidup tanaman.

Disarankan untuk melanjutkan penelitian ini pada periode yang lebih panjang dengan jumlah sampel yang lebih banyak. Untuk mendapatkan variabilitas genetik yang luas disarankan melakukan penelitian pada generasi M2 atau dengan menggunakan marka molekuler.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmono, D. 1992. Struktur Genetik Beberapa Populasi Kelapa Berdasarkan Analisis Isozim dan Karakter Morfologi - Agronomi. Tesis MS, PPS, IPB. Bogor. *Tidak dipublikasikan.*
- Briggs, R.W. and M.J. Constantin. 1977. Radiation type and radiation sources. *In* : Manual on Mutation Breeding, Technical Report Series. No. 119, IAEA Viena, p. : 7-21
- Broertjes, C. and A. M. Van Harten. 1987. Application of mutation breeding method *In* Improving Vegetatively Propagated Crops edited by A. J. Abbot and R. K. Atkin Academy Press, Harcourt Brace Javanovice Publisher. London. p. : 337-347.
- Chaudhary, H.K. 1971. Elementry Principles of Plant Breeding. Oxford & IBH Publishing Co. New York. 327 pp.
- Chondorkar, K.R., and G.M. Clark. 1986. Physiological and morphological responses of *Pinus strobus* L. and *Pinus sylvestris* L. seedlings subjected to low-level continuous gamma irradiation at radioactive wate disposal area *Env. Exp. Bot* 26:259-270.
- Darajat, A.A. 1987. Variabilitas dan Adaptasi Genotipe Terigu pada Berbagai Lingkungan Tumbuh di Indonesia. Disertasi. Universitas Padjadjaran Bandung. *Tidak dipublikasikan.*
- Desrosier, N.W., H.M. Rosentock. 1960. Radiation Tecnology in Food, Agriculture, and Biology. The Avi Publishing Company, Inc. New York. 297 pp.
- Eisenlohr, H. 1997. Mutagenic radiation. *In* : Manual on Mutation Breeding. Technical Report series IAEA. Vienna. 119:7-50.

- Falconer, D.S. 1970. *Introduction to Quantitative Genetics*. Oliver and Boyd, Edinburg.
- Fauza, H. 2003. Variabilitas Penampilan Fenotipik dan Genetik Manggis Hasil Iradiasi Sinar Gamma melalui Analisis RAPD. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran. Bandung. 98 hal. *Tidak dipublikasikan*.
- Fehr, W. R. 1987. *Principles of cultivar development, theory and technique*. McGraw Hill, Inc. New York. 536 pp.
- Gaul, H. 1977. Mutagen effects in the first generation after seed treatment. *In* : Manual on Mutation Breeding. Technical Report series IAEA. Vienna. 119:87-96.
- Gill, K.S. 1989. Germplasm collections and public plant breeder. *In* A.H.D. Brown (ed). *The use of plant genetic resources*. Cambridge University Press.
- Hendro, W. 1981. Mutagenesis and *in vitro* selection. *In* T.A. Thorpe (Ed.). *Plant Tissue Culture, Methodes and Application in Agriculture*. Acad. Press. New York. p. : 155-180.
- Ismachim, M. 1994. Masalah dan prospek pemuliaan dengan teknik mutas. *Prosiding Simposium Pemuliaan Tanaman II*. Perhimpunan Pemuliaan Tanaman Indonesia. Komisariat Jatim. Hal. 14-19.
- Mariska, I., D. Sukamdjaja, dan S. Fatimah, S. 1994. Peningkatan ragam genetik tanaman jahe melalui keragaman somaklonal. *Buletin Litri No. 7*, Maret 1994. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor.
- Pinaria, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan A.A. Darajat. 1995. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotipe kedelai. *Zuriat* (6): 80-87.
- Prommee, W. and Sompong, T. 1998. Effect of gamma irradiation on callus mutation of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Abstract. Khon Kaen Agric 1998*, 26(2) : 66-73. <http://www.clip.psu.ac.th/acad42/nat422.htm>, 12 September 2003.
- Prasetyorini. 1991. Pengaruh radiasi sinar gamma dan jenis eksplan terhadap keragaman somaklonal pada tanaman gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook). Tesis. Fakultas Pascasarjana IPB Bogor. 91 hal.
- Qosim, W.A. 1999. Variabilitas Genetik Karakter Morfologi Tanaman Krisan pada Generasi MV<sub>2</sub> dan MV<sub>3</sub> Akibat Irrediasi Sinar Gamma. Tesis. Program Pascasarjana Unpad. Bandung. 76 hal. *Tidak dipublikasikan*.
- Sastra, D.R., 1996. Induksi Keragaman Somaklonal Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan Radiasi Sinar Gamma. Tesis. Program Pascasarjana IPB Bogor 94 hal.
- Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistika* (terjemahan Bambang Sumantri). PT Gramedia Jakarta. 748 hal.
- Yatim, W. 1991. *Genetika*. Transito. Bandung.