

## Analisis keragaman manggis (*Garcinia mangostana*) diiradiasi dengan sinar gamma berdasarkan karakteristik morfologi dan anatomi

ALFIN WIDIASTUTI<sup>1,✉</sup>, SOBIR<sup>2,3</sup>, MUH RAHMAD SUHARTANTO<sup>2,3</sup>

Widiastuti A, Sobir, Suhartanto MR. 2010. Diversity analysis of mangosteen (*Garcinia mangostana*) irradiated by gamma-ray based on morphological and anatomical characteristics.

The aim of this research was to increase genetic variability of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) irradiated by gamma rays dosage of 0 Gy, 20 Gy, 25 Gy, 30 Gy, 35 Gy and 40 Gy. Plant materials used were seeds collected from Cegal Sub-village, Karacak Village, Leuwiliang Sub-district, Bogor District, West Java. Data was generated from morphological and anatomical characteristics. The result indicated that increasing of gamma ray dosage had inhibited ability of seed to growth, which needed longer time and decreased seed viability. Morphologically, it also decreased plant height, stem diameter, leaf size, and amount of leaf. Anatomically, stomatal density had positive correlation with plant height by correlation was 90% and 74%. Gamma rays irradiation successfully increase morphological variability until 30%. Seed creavage after irradiation increased variability and survival rate of mangosteen.

**Key words:** *Garcinia mangostana*, gamma ray, genetic variability

**Abstrak.** Widiastuti A, Sobir, Suhartanto MR. 2010. Analisis keragaman manggis (*Garcinia mangostana*) diiradiasi dengan sinar gamma berdasarkan karakteristik morfologi dan anatomi.

Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan keragaman genetik manggis (*Garcinia mangostana* L.) yang diiradiasi dengan sinar gamma dosis 0 Gy, 20 Gy, 25 Gy, 30 Gy, 35 Gy dan 40 Gy. Bahan tanaman yang digunakan adalah biji yang dikumpulkan dari Kampung Cegal, Desa Karacak, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Data dihasilkan dari karakteristik morfologi dan anatomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis sinar gamma dapat menghambat pertumbuhan benih, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk tumbuh dan menurunkan viabilitas benih. Secara morfologi, hal itu juga menurunkan tinggi tanaman, diameter batang, ukuran daun, dan jumlah daun. Secara anatomi, kepadatan stomata berkorelasi positif dengan tinggi tanaman dengan nilai korelasi adalah 90% dan 74%. Iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan keragaman morfologi hingga 30%. Pemotongan benih setelah iradiasi dapat meningkatkan keragaman dan tingkat kelangsungan hidup manggis.

**Kata kunci:** *Garcinia mangostana*, sinar gamma, keragaman genetik.

### ♥ Alamat korespondensi:

<sup>1</sup> Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura (BBPPMBTH) Jl. Raya Tapos, Kotak Pos 20, Cimanggis, Depok 16957, Jawa Barat, Indonesia. Tel.: +62-21-8755046/8754225. Fax.: 62+21 8755046/8754225

<sup>2</sup> Plant Breeding and Biotechnology Program, School of Graduates, Bogor Agricultural University, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia.

<sup>3</sup> Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia.

Manuskrip diterima: 13 Desember 2009. Revisi disetujui: 2 Maret 2010.

### ♥♥

Edisi bahasa Indonesia dari: Widiastuti A, Sobir, Suhartanto MR. 2010. Diversity analysis of mangosteen (*Garcinia mangostana*) irradiated by gamma-ray based on morphological and anatomical characteristics. Nusantara Bioscience 2: 23-33

## PENDAHULUAN

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) adalah komoditas buah asli Indonesia yang mempunyai prospek sangat baik untuk dikembangkan. Manggis merupakan salah satu buah tropis yang sangat terkenal, dan disebut sebagai *Queen of Fruit* karena rasa buahnya yang lezat dan banyak digemari (Uji 2007). Selain itu, manggis telah lama dimanfaatkan sebagai obat-obatan di antaranya sebagai anti inflamasi (Chen *et al.* 2008), antibakteri (Chomnawang *et al.* 2009), serta sebagai perlakuan terhadap infeksi dan luka. Perbaikan varietas manggis bertujuan untuk mendapatkan varietas unggul yang diarahkan

untuk mempercepat pertumbuhan manggis melalui perbaikan sistem perakaran, cepat berproduksi (genjah), produktivitas tinggi dan kualitas buahnya baik. Pemuliaan tanaman manggis untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut terkendala karena tanaman manggis memiliki variabilitas genetik yang rendah dan tidak dimungkinkannya peningkatan variabilitas genetik melalui persilangan karena bunga jantan mengalami rudimentasi (Morton 1987).

Tanaman manggis merupakan jenis tanaman dengan masa juvenil yang sangat panjang, dimana lambatnya pertumbuhan di antaranya disebabkan oleh buruknya sistem perakaran, penyerapan hara dan air lambat, rendahnya laju

fotosintesis dan rendahnya laju pematangan sel pada meristem pucuk (Wible *et al.* 1992; Poerwanto 2000). Biji manggis terbentuk secara apomiktik dan berkembang dari embrio adventif secara aseksual (Sobir dan Poerwanto 2007). Regenerasi tanaman manggis yang berlangsung aseksual mengakibatkan variabilitas genetiknya rendah (Richard 1990b) dan secara genetik mewarisi sifat tetua betina (Koltunow *et al.* 1995). Menurut Ramage *et al.* (2004), berdasarkan studi *Randomly Amplified DNA Fingerprinting* (RAF) terhadap 37 aksesori tanaman manggis, 70% menunjukkan tidak adanya variasi. Penelitian Mansyah *et al.* (1999) pada 30 tanaman manggis dari Sumatera Barat menyimpulkan bahwa variabilitas yang sempit, walaupun beberapa karakter memperlihatkan variabilitas fenotip yang luas.

Upaya perbaikan sifat tanaman manggis dengan meningkatkan keragaman genetiknya perlu dilakukan. Dengan adanya variabilitas yang luas, proses seleksi dapat dilakukan secara efektif karena akan memberikan peluang lebih besar diperoleh karakter-karakter yang diinginkan. Salah satu alternatif dalam rangka peningkatan variabilitas pada tanaman apomiktik adalah melalui mutasi buatan (Sobir dan Poerwanto 2007). Penggunaan radiasi dengan menimbulkan mutasi atau perubahan susunan genetik telah banyak menimbulkan dampak positif dengan bertambahnya jumlah varietas tanaman baru. Teknik ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan keragaman genetik dan diharapkan dari mutan-mutan yang dihasilkan ada yang memiliki karakter unggul. Fauza *et al.* (2005) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma pada biji manggis memperlihatkan adanya peningkatan variabilitas fenotip pada beberapa karakter seperti tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, diameter batang, dan lebar daun. Pada tanaman padi, radiasi dengan sinar gamma pada dosis tertentu diketahui dapat menginduksi mutasi klorofil dan meningkatkan variasi genetik ketahanan terhadap penyakit blas (Mugiono 1996). *Institute of Radiation Breeding* di Jepang telah menggunakan induksi mutasi sejak tahun 1969 untuk mendapatkan mutan-mutan potensial. Beberapa varietas baru pada tanaman apel, tebu, barley, dan tanaman hias telah dilepas sampai tahun 1998 (IRB 2001).

Radiasi adalah penyinaran dengan sinar radioaktif yang dapat menimbulkan mutasi. Radiasi energi tinggi biasanya merupakan bentuk-bentuk yang melepaskan tenaga dalam jumlah besar dan kadang-kadang disebut radisi

ionisasi karena ion-ion dihasilkan dalam bahan yang ditembus oleh energi tersebut (Crowder 1997). Mutasi dengan radisi dapat meningkatkan variasi genetik. Sel yang dapat bertahan hidup dengan baik sesudah penyinaran akan mengalami beberapa perubahan secara fisiologis atau genetik. Perubahan ini dapat menghasilkan tanaman yang berpenampilan lebih baik (tanaman unggul) dari sebelumnya (Harahap 2005). Mutasi dihasilkan dari segala macam tipe perubahan materi yang diturunkan. DNA yang merupakan komponen utama dari gen sebagai pembawa informasi genetik dari generasi ke generasi, merupakan sasaran utama dari pemberian radiasi. Perubahan DNA yang terjadi akibat adanya mutasi, akan menimbulkan variasi genetik baru yang akan diturunkan pada turunannya. Keberhasilan mutasi dapat diamati melalui perubahan morfologi, anatomi, maupun pada tingkat DNA. Mutan-mutan yang memperlihatkan sifat morfologi lebih baik dari tetua sebelumnya serta memperlihatkan adanya perbedaan secara genetik diharapkan dapat dikembangkan menjadi varietas baru yang unggul.

Penelitian ini bertujuan untuk: (i) Mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap keragaman morfologi dan anatomi tanaman manggis. (ii) Mendapatkan metode iradiasi yang paling efektif pada manggis dalam rangka meningkatkan keragaman morfologi dan anatomi tanaman manggis.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Waktu dan tempat penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Januari sampai Agustus 2009 di rumah kaca dan laboratorium Pusat Kajian Buah Tropika (PKBT), Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Mikroteknik Departemen Biologi Institut Pertanian Bogor, dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi (IP3TIR), Badan Tenaga Nuklir (Batan) Jakarta.

### **Bahan tanaman**

Materi tanaman yang digunakan adalah biji manggis hasil panen di Kampung Cengal, Desa Karacak, Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

### **Rancangan percobaan**

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan, yaitu: (i). biji manggis dipotong setelah perlakuan

an iradiasi sinar gamma, dan (ii). biji manggis dipotong sebelum perlakuan iradiasi sinar gamma. Biji dipilih berdasarkan bobot yaitu > 1 g. Dosis radiasi sinar gamma yang digunakan mengacu pada Harahap (2005) yang menyatakan bahwa lethal dosis 50% (LD50%) tanaman manggis yang berasal dari biji adalah 32.09 Gy, sehingga dosis yang digunakan pada penelitian ini adalah 0 Gy (I0) sebagai kontrol, 20 Gy (I1), 25 Gy (I2), 30 Gy (I3), 35 Gy (I4), dan 40 Gy (I5). Alat yang digunakan untuk iradiasi adalah Gamma Chamber 4000A dengan sumber radiasi adalah Co-60 dengan laju dosis radiasi 96,481 krad/jam (0,96481 kGy/jam). Perlakuan pemotongan biji manggis terdiri dari tiga taraf yaitu biji dibiarkan utuh (B0), biji dipotong menjadi dua bagian yang sama besar (B1), dan biji dipotong menjadi tiga bagian yang sama besar (B2). Masing-masing percobaan terdiri dari 18 satuan percobaan sehingga total dari kedua percobaan adalah 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 10 ulangan sehingga total keseluruhan populasi dalam penelitian ini adalah 360. Nilai koefisien keragaman (KK) dihitung berdasarkan masing-masing taraf perlakuan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL).

#### **Pelaksanaan percobaan**

Biji manggis yang telah diekstraksi dan dibersihkan, selanjutnya dipisah-pisah untuk dibagi ke dalam dua kelompok. Kelompok 1 (percobaan 1) biji dipotong setelah perlakuan iradiasi dan kelompok 2 (percobaan 2) biji dipotong sebelum perlakuan iradiasi. Masing-masing kelompok dibagi berdasarkan kombinasi perlakuan taraf iradiasi sinar gamma (0 Gy, 20 Gy, 25 Gy, 30 Gy, 35 Gy, dan 40 Gy) dan taraf pemotongan biji (utuh, dipotong dua, dipotong tiga). Selanjutnya biji dimasukkan ke dalam kantong kertas yang berbeda dan masing-masing dipisahkan untuk kombinasi perlakuan. Satu wadah merupakan satuan percobaan. Biji yang telah diradiasi ditanam dalam polibag sesuai dengan perlakuan masing-masing.

#### **Pengamatan morfologi**

Pengamatan dilakukan terhadap biji yang membentuk tunas pada setiap kombinasi perlakuan. Pengamatan morfologi dilakukan dengan mengamati jumlah daun, panjang daun, lebar daun, bentuk daun, diameter batang, dan tinggi tanaman. Pengamatan dilakukan sejak biji berkecambah hingga tanaman berumur 6 bulan.

#### **Pengamatan anatomi**

Pengamatan anatomi daun manggis dilakukan pada irisan transversal dan paradermal. Irisan paradermal dibuat dengan menggunakan sediaan utuh (*whole mount*) sedangkan irisan transversal dibuat dengan mengikuti metode paraffin. Daun disayat dengan menggunakan mikrotom putar dengan tebal 10  $\mu$ m, selanjutnya diwarnai

#### **Analisis data**

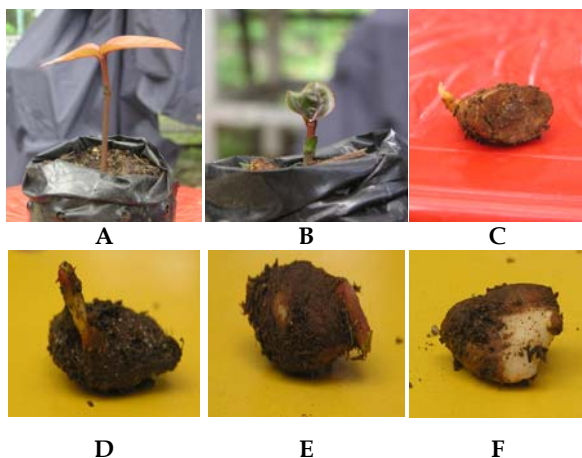
Dari data morfologi, dihitung nilai koefisien keragaman dengan SAS ver. 9.1.3 (SAS 2004). Data morfologi juga disekor secara biner dan dianalisis menggunakan SAHN, setelah itu dihitung matrik kesamaannya menggunakan program NTSYS ver. 2.01 dan ditampilkan dalam bentuk dendrogram (Rohlf 2002). Pengelompokan memperlihatkan hubungan kesamaan antar setiap individu manggis berupa dendrogram kesamaan sifat morfologi. Jarak genetik adalah selisih nilai persentase kesamaan terhadap nilai 100%. Dari dendrogram dapat diketahui seberapa jauh perubahan tanaman hasil radiasi jika dibandingkan dengan kontrol. Hal yang sama tidak dilaporkan untuk parameter anatomi irisan melintang daun karena beragamnya data, sehingga tidak memperlihatkan pola tertentu, Hubungan parameter stomata dan morfologi diketahui dengan analisis uji korelasi dengan program SAS ver. 9.1.3 (SAS 2004).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada awal penelitian, jumlah biji yang ditanam adalah 360 biji dan masing-masing biji ditanam dalam satu polibag. Tidak semua biji tumbuh membentuk tunas, total biji yang mampu membentuk tunas baik pada perlakuan kontrol maupun hasil iradiasi sinar gamma adalah 57 biji. Data yang ditampilkan dalam penelitian ini berupa data yang berhubungan dengan pengamatan morfologi dan anatomi terhadap biji manggis yang diberikan perlakuan pemotongan biji dan iradiasi sinar gamma. Pengamatan morfologi manggis dilakukan terhadap semua biji yang membentuk tunas, sementara pengamatan anatomi dilakukan terhadap bibit yang berhasil bertahan pada umur 30 MST (masa setelah tanam) dan memperlihatkan pertumbuhan yang normal, yakni tidak terhambat pertumbuhannya.

### Pengamatan morfologi

Hasil pengamatan morfologi menunjukkan bahwa jumlah dan waktu biji membentuk tunas, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang dan lebar daun beberapa tanaman manggis yang mendapat perlakuan iradiasi mengalami abnormalitas. Dari 360 satuan percobaan, hanya 57 biji yang membentuk tunas, yaitu 14 di antaranya adalah kontrol. Jumlah ini menurun pada minggu pengamatan berikutnya, karena beberapa tanaman mengalami kematian yang diawali dengan nekrosis dan kerontokan daun. Jumlah tunas terbesar terdapat pada 20 MST, dan pada beberapa tanaman kontrol tumbuh lebih dari satu tunas dari satu biji. Tanaman kontrol menunjukkan pertumbuhan yang normal yakni tanaman tidak mengalami keterlambatan dalam membentuk tunas dan pertumbuhan tidak terhambat. Harahap (2005) menyatakan bahwa biji manggis yang tidak mendapat perlakuan sinar gamma umumnya muncul tunas pada 2 MST. Biji yang mendapat perlakuan iradiasi menunjukkan keterlambatan munculnya tunas. Pembentukan dan pertumbuhan tunas pada biji kontrol dan hasil perlakuan iradiasi disajikan pada Gambar 1.

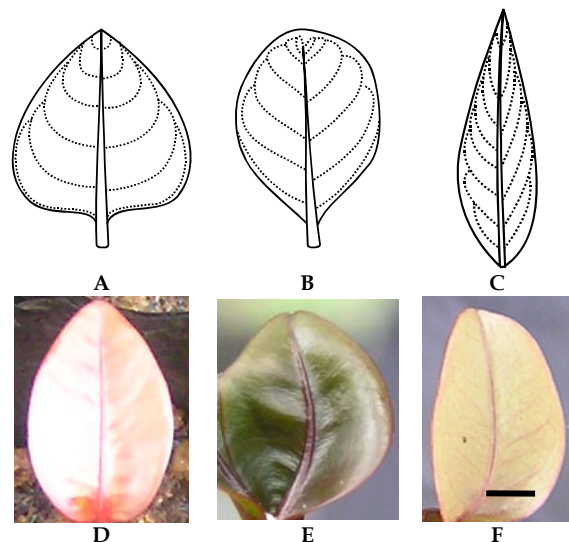


**Gambar 1.** Pertumbuhan tunas pada biji manggis yang tidak mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma (A) dan (B), dan biji yang mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma (C), (D), (E), dan (F).

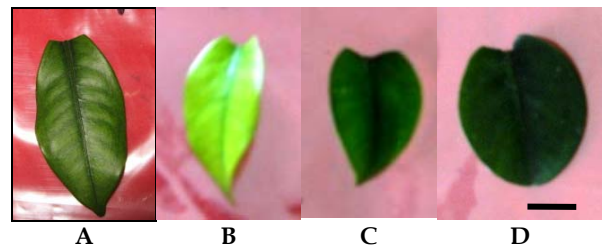
Bentuk morfologi daun manggis baik pada tanaman yang mendapat perlakuan maupun kontrol umumnya adalah ovate, obovate, dan sebagian kecil laceolate. Dari hasil pengamatan, tidak terdapat pola khusus yang membedakan antara bentuk daun tanaman kontrol dengan tanaman hasil iradiasi. *Flush* yang muncul pada tunas yang tidak mendapat perlakuan iradiasi berwarna merah kecoklatan, sementara *flush* yang muncul dari tunas hasil iradiasi umumnya

berwarna hijau muda dengan perkembangan yang sangat lambat. Bentuk morfologi daun manggis dan warna daun muda manggis yang muncul pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

Sebagian besar tanaman manggis memiliki daun muda berwarna merah bata dan coklat kemerahan, tetapi pada beberapa tanaman yang mendapat perlakuan iradiasi muncul daun muda berwarna hijau dengan warna kecoklatan pada bagian tepinya. Respon tanaman terhadap perlakuan iradiasi sinar gamma bersifat individual, namun terdapat gambaran umum pada beberapa peubah hasil perlakuan. Daun yang muncul dari tanaman hasil iradiasi umumnya berukuran lebih kecil, warna lebih hijau tua, dan tekstur lebih tebal.



**Gambar 2.** Bentuk morfologi daun manggis pada 30 MST: A. ovate, B. obovate, dan C. laceolate. Warna daun muda manggis: D. kontrol merah bata, E. hijau kecoklatan hasil iradiasi, dan F. kontrol coklat kemerahan (f). Garis = 1 cm.



**Gambar 3.** Warna daun pada 30 MST: A. kontrol, B dan C. perlakuan iradiasi 20 Gy, D. perlakuan iradiasi 25 Gy (d). Garis = 1 cm.

Respon setiap individu tanaman manggis terhadap cekaman iradiasi sinar gamma berbeda-beda. Pada dosis 20 Gy muncul daun berwarna hijau muda dan terlihat transparan, namun pada

dosis yang lebih tinggi, yaitu 25 Gy dan 30 Gy muncul daun yang memiliki ukuran lebih kecil, berwarna hijau tua dan lebih tebal (Gambar 3). Abnormalitas tersebut merupakan respon terhadap gangguan proses fisiologis akibat cekaman yang ditimbulkan oleh radiasi sinar gamma. Menurut Soeranto (2003), abnormalitas pada populasi yang diradiasi menunjukkan terjadinya perubahan besar pada tingkat genom, kromosom dan DNA, sehingga proses fisiologi di dalam sel yang dikendalikan secara genetik menjadi tidak normal. Sedangkan menurut Harahap (2005), perubahan pada daun akibat iradiasi diduga terjadi karena peningkatan jumlah klorofil akibat cekaman iradiasi sinar gamma.

### Waktu dan jumlah biji yang membentuk tunas

Biji manggis yang tidak mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma dan pemotongan rata-rata menunjukkan munculnya tunas pada 3 MST (Tabel 1), sementara biji yang mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma saja (tanpa pemotongan biji) munculnya tunas bervariasi antara 3-16 MST. Tunas yang terbentuk paling lama terjadi pada satu individu dengan perlakuan iradiasi 40 Gy, namun tanaman tersebut mengalami pertumbuhan yang sangat lambat dan tidak mampu bertahan hidup pada akhir pengamatan (25 MST). Dari hasil pengamatan, terlihat semakin tinggi perlakuan dosis iradiasi sinar gamma, maka semakin sedikit dan semakin lama waktu yang diperlukan biji untuk munculnya tunas. Pada dosis yang cukup tinggi yaitu di atas 30 Gy, sebagian besar biji tidak mati ataupun busuk walaupun telah 20 minggu disemai, namun juga tidak menunjukkan tanda-tanda akan munculnya tunas/ kecambah. Selanjutnya pada akhir penelitian biji yang tidak berkecambah akhirnya mati dan membusuk. Pada dosis 35 Gy, tidak satupun biji yang menunjukkan munculnya tunas, sementara pada perlakuan iradiasi 40 Gy terdapat satu biji muncul tunas yang sangat lambat yaitu pada 16 MST.

Jumlah tanaman manggis yang bertunas pada perlakuan kontrol terus meningkat sampai pada 15 MST dan berkurang pada 16 MST, 20 MST, dan 25 MST, yaitu dari 33 tanaman pada 16 MST menjadi 30 tanaman pada 20 MST dan menjadi 25 tanaman pada 25 MST. Pada perlakuan 20 Gy dan 25 Gy pengurangan jumlah tanaman yang bertahan hidup terjadi pada 20 MST yaitu masing-masing dari 15 menjadi 14 dan 9 menjadi 7 (Tabel 1).

**Tabel 1.** Jumlah biji manggis yang membentuk tunas.

Biji diradiasi sebelum dipotong	Taraf iradiasi (Gy)	Jumlah tunas pada MST										
		3	4	8	9	10	11	13	14	15	16	20
Biji utuh	0	5	7	9	8	8	8	10	10	10	10	6*
	20	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4*
	25	0	2	2	2	2	1	3	4	4	6	5
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biji dipotong dua	0	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	3*
	20	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biji dipotong tiga	0	3	3	3	3	3	3	4	4	5	4	3*
	20	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	25	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	1*
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Biji diradiasi setelah dipotong</b>												
Biji utuh	0	5	8	8	8	7	7	8	10	10	8	9
	20	2	2	4	5	4	4	4	4	4	5	4*
	25	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	30	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Biji dipotong dua	0	0	2	6	3	3	2	2	2	2	2	4
	20	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biji dipotong tiga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*Beberapa tanaman mengalami kematian sehingga pada 25 MST jumlah tanaman berkurang.

Hal ini disebabkan beberapa individu tanaman yang telah bertunas dan muncul daun mengalami kematian, diawali dengan mengeringnya ujung daun, diikuti seluruh daun dan akhirnya daun gugur. Kematian beberapa individu tersebut dikarenakan cekaman iradiasi. Menurut van Harten (1998), iradiasi sinar gamma bersifat merusak jaringan yang dilewatinya. Di samping itu, karena daya tembusnya sangat dalam, maka kerusakan yang ditimbulkan dapat mencapai beberapa sentimeter. Ahnstroem (1977) dan Datta (2001), menyatakan bahwa abnormalitas hingga kematian tanaman yang diradiasi disebabkan terbentuknya radikal bebas seperti H<sup>o</sup>, yaitu ion yang sangat labil dan

banyak menghasilkan benturan ke berbagai arah yang akan membuat mutasi DNA, serta menyebabkan perubahan pada tingkat sel dan jaringan, bahkan dapat mengakibatkan kematian pada tanaman. Pada kontrol, kematian tanaman diduga disebabkan biji belum masak fisiologis. Pada perlakuan 30 Gy hanya satu biji yang membentuk tunas yang bertahan sampai umur 20 MST, sementara pada perlakuan 40 Gy, tunas yang muncul mati pada umur 25 MST.

Waktu pemotongan biji manggis berpengaruh terhadap jumlah tunas yang muncul (Tabel 1). Pada taraf iradiasi 25 Gy, biji yang dipotong setelah dilakukan iradiasi sinar gamma menunjukkan jumlah biji yang membentuk tunas lebih tinggi yaitu tiga biji pada perlakuan biji dipotong menjadi dua, dan dua biji pada perlakuan biji dipotong tiga; dibandingkan biji yang dipotong terlebih dahulu sebelum dilakukan iradiasi sinar gamma yaitu dua biji pada perlakuan biji dipotong dua dan tidak ada yang muncul tunas pada perlakuan biji dipotong tiga pada 16 MST. Biji dengan perlakuan iradiasi terlebih dahulu sebelum pemotongan biji memperlihatkan kemampuan membentuk tunas yang lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan biji yang dipotong sebelum iradiasi. Hal ini disebabkan pada biji yang dipotong sebelum iradiasi, kerusakan jaringan akibat penyinaran lebih besar dibandingkan pada biji yang dipotong setelah iradiasi.

#### **Tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun**

Pertumbuhan tanaman dapat dilihat dengan melakukan deteksi karakter morfologi. Pada penelitian ini, pengukuran karakter morfologi dilakukan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang dan lebar daun. Tinggi tanaman diukur dari leher akar hingga titik tumbuh tanaman, sedangkan diameter batang diukur pada ketinggian 1 cm di atas leher akar. Panjang dan lebar daun diukur pada daun yang muncul kedua.

Tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang, dan lebar daun semakin kecil nilainya seiring bertambahnya dosis iradiasi sinar gamma (Tabel 2). Hal tersebut terjadi karena adanya kerusakan seluler pada meristem tanaman. Menurut Handayati *et al.* (2001) kerusakan tersebut antara lain menyebabkan menurunnya kandungan indole acetic acid (IAA) karena pengambatan enzim indola acetaldehyde dehidrogenase (Moore 1979).

Penurunan jumlah daun membentuk pola pada perlakuan kontrol, 20 Gy dan 25 Gy, dimana semakin tinggi perlakuan dosis iradiasi sinar gamma jumlah daun semakin menurun. Pengaruh tersebut akibat kerusakan fisiologi oleh iradiasi sinar gamma. Panjang dan lebar daun juga memperlihatkan penurunan ukuran pada beberapa tanaman hasil iradiasi. Menurut Patit (1966) dan Ashri (1970), penurunan ukuran daun dapat terjadi akibat iradiasi dan perlakuan mutagen kimia.

**Tabel 2.** Rata-rata tinggi tanaman manggis, jumlah daun, diameter batang, panjang daun, dan lebar daun pada 25 MST.

<b>Karakter</b>	<b>0 Gy</b>	<b>20 Gy</b>	<b>25 Gy</b>
Tinggi tanaman	5,85 ± 2,58	5,00 ± 1,77	4,40 ± 2,74
Diameter batang	0,19 ± 0,09	0,15 ± 0,04	0,15 ± 0,06
Jumlah daun	1,65 ± 0,47	1,33 ± 0,47	1,33 ± 0,47
Panjang daun	3,79 ± 1,67	3,36 ± 1,40	2,7 ± 1,30
Lebar daun	2,32 ± 0,68	2,23 ± 0,48	1,45 ± 0,91

Iradiasi sinar gamma berpengaruh terhadap karakter morfologi tanaman manggis, perubahan tersebut tampak bersifat individual, meskipun diradiasi pada dosis yang sama. Perbandingan tanaman kontrol dan tanaman hasil iradiasi sinar gamma disajikan pada Gambar 4.

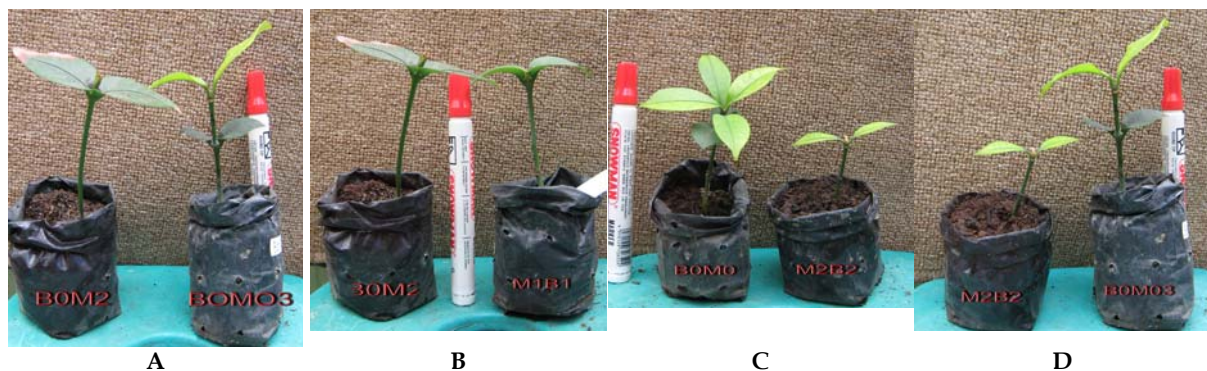
Iradiasi sinar gamma dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan morfologi tanaman manggis. Dalam penelitian ini diketahui bahwa pada dosis yang lebih tinggi dari 25 Gy, biji manggis membutuhkan waktu 9 MST untuk membentuk tunas, sedangkan biji tanpa iradiasi hanya membutuhkan waktu 3 MST. Tinggi tanaman, jumlah daun, panjang dan lebar daun juga menunjukkan respon terhadap dosis iradiasi sinar gamma, dimana semakin tinggi dosis iradiasi, karakter-karakter tersebut nilainya semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa dosis yang tinggi menyebabkan pertumbuhan terhambat, bahkan menyebabkan biji sama sekali tidak tumbuh. Hambatan pertumbuhan tersebut berupa kerusakan fisiologi akibat iradiasi sinar gamma. Panjang dan lebar daun juga memperlihatkan penurunan ukuran pada beberapa tanaman hasil iradiasi. Qosim (2006) menyebutkan kalus nodular manggis dengan iradiasi sinar gamma di atas 25 Gy, membutuhkan waktu 129 hari untuk membentuk tunas. Iradiasi sinar gamma juga dapat menyebabkan perubahan anatomi daun manggis. Jumlah biji yang mampu membentuk

tunas juga menurun seiring bertambahnya dosis iradiasi. Pada dosis lebih besar dari 25 Gy, hanya satu biji yang mampu membentuk tunas, yaitu pada dosis 30 Gy pada 10 MST, dan satu biji pada 40 Gy pada 16 MST. Penurunan kemampuan biji untuk membentuk tunas atau berkecambah yang terjadi seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi juga dijumpai pada gandum (Gou *et al.* 2007), kacang tanah (Baddiganavar dan Murty 2007), dan kedelai (Manjaya dan Nandawar 2007).

### Uji keragaman fenotipik manggis

#### *Pengaruh iradiasi sinar gamma*

Menurut Baihaki (1999), untuk mengetahui adanya variasi dari suatu populasi perlu dilakukan pengukuran dan analisis mengikuti kaidah statistika. Populasi yang bervariasi akan mempunyai ciri-ciri khusus yang dilihat dari nilai koefisien keragaman yang menggambarkan keragaman dalam satu perlakuan. Iradiasi sinar gamma merupakan mutagen fisik yang dapat menyebabkan peningkatan keragaman dari populasi awal.



**Gambar 4.** Perbandingan tanaman kontrol dan hasil iradiasi pada 25MST: A. Hasil iradiasi 25 Gy dan kontrol. B. Hasil iradiasi 25 Gy dan 20 Gy kombinasi biji dipotong menjadi dua sama besar setelah iradiasi. C. Kontrol dan hasil iradiasi 25 Gy kombinasi biji dipotong menjadi tiga sama besar setelah iradiasi. D. Hasil iradiasi 25 Gy kombinasi biji dipotong menjadi tiga sama besar setelah iradiasi.

**Tabel 3.** Koefisien keragaman (%) masing-masing karakter morfologi pada (i) taraf iradiasi kontrol (I0), 20 Gy (I1), dan 25 Gy (I2); (ii) pemotongan biji: utuh, dipotong menjadi dua, dan dipotong menjadi tiga; (iii) perlakuan biji diradiasi sebelum dipotong, dan biji diradiasi setelah dipotong.

Karakter morfologi		Koefisien keragaman (%)							
		Taraf iradiasi sinar gamma			Pemotongan biji			Waktu pemotongan biji	
		0 Gy	20 Gy	25 Gy	Utuh	Dipotong dua	Dipotong tiga	Setelah iradiasi	Sebelum iradiasi
Jumlah tunas	16 MST	67,16	188,91	267,46	137,82	243,01	306,81	112,38	161,34
	20 MST	78,53	170,44	222,51	131,76	236,79	342,26	114,28	178,37
	25 MST	84,219	170,44	257,64	162,01	218,60	367,15	122,90	143,11
Tinggi tanaman (cm)	16 MST	35,023	36,780	80,07	42,93	40,78	30,53	29,47	41,13
	20 MST	37,26	31,28	80,07	43,65	38,50	48,01	34,26	34,22
	25 MST	36,190	39,6	76,08	41,99	44,79	17,06	42,94	22,26
Jumlah daun	16 MST	34,10	27,3	35	35,49	0	37,50	36,36	17,42
	20 MST	27,08	35,18	33,126	30,37	30,73	0	41,14	14,67
	25 MST	27,91	39,95	41,92	31,38	43,47	31,25	52,01	22,98
Diameter batang (cm)	16 MST	30,82	24,84	25,064	25,47	33,14	102	29,33	32,97
	20 MST	25,49	19,84	27,59	24,60	20,39	91,20	36,52	30,39
	25 MST	35,79	23,47	34,65	27,37	26,51	101,03	0	0
Panjang daun (cm)	16 MST	35,51	45,38	52,906	39,20	45,53	39,21	35,13	34,50
	20 MST	38,41	40,85	54,16	41,06	46,81	16,15	0	34,77
	25 MST	43,15	43,94	55,50	42,99	64,29	11,78	0	33,94
Lebar daun (cm)	16 MST	32,59	49,17	31,4	36,38	37,99	19,10	0	31,95
	20 MST	26,85	42,23	45,08	34,10	31,56	8,97	0	23,94
	25 MST	21,15	23,81	72,53	31,04	23,78	23,10	0	24,77

Pada penelitian ini, dosis iradiasi sinar gamma yang memberikan keragaman yang lebih tinggi berdasarkan nilai koefisien keragaman adalah pada dosis 25 Gy sementara dosis yang memberikan keragaman yang paling rendah adalah pada dosis 0 Gy (kontrol) (Tabel 3). Hampir semua karakter memperlihatkan peningkatan koefisien keragaman seiring meningkatnya taraf iradiasi, kecuali pada karakter diameter batang, pada dosis 20 Gy koefisien keragaman baik pada 16, 20, maupun 25 MST lebih rendah dibanding kontrol. Pada dosis 25 Gy, koefisien keragaman diameter batang yang lebih besar dibanding kontrol adalah hanya pada 20 MST (Tabel 3).

Peningkatan dosis iradiasi menyebabkan kemampuan biji untuk membentuk tunas menurun, yang ditandai dengan menurunnya jumlah biji yang membentuk tunas dibandingkan kontrol (Tabel 1). Pada dosis dimana biji masih mampu membentuk tunas dan tumbuh menjadi tanaman, diketahui bahwa pada dosis 25 Gy adalah dosis yang paling menekan pertumbuhan manggis yang ditandai dengan kecilnya nilai rata-rata untuk setiap karakter pengamatan morfologi dibanding kontrol dan dosis yang lebih rendah (Tabel 2).

#### *Pengaruh taraf pemotongan biji*

Biji manggis merupakan biji poliembrioni dimana dari satu biji dapat tumbuh lebih dari satu tunas. Nilai koefisien keragaman pada perlakuan taraf pemotongan biji tertinggi pada jumlah tunas didapat pada perlakuan biji dipotong melintang menjadi tiga sama besar. Pada karakter tinggi tanaman, koefisien keragaman tertinggi pada 16 dan 20 MST dijumpai pada perlakuan biji utuh sedangkan pada 25 MST koefisien keragaman tertinggi didapat pada perlakuan biji dipotong menjadi dua sama besar. Koefisien keragaman tertinggi karakter jumlah daun pada 16 MST didapat pada perlakuan biji dipotong menjadi tiga sama besar sementara pada 20 dan 25 MST pada perlakuan biji dipotong menjadi dua sama besar. Pada karakter diameter batang, nilai koefisien keragaman tertinggi didapat pada perlakuan biji dipotong menjadi tiga sama besar, sementara perlakuan panjang daun koefisien tertinggi didapat pada perlakuan pemotongan biji menjadi dua sama besar. Koefisien keragaman tertinggi karakter lebar daun pada 16 dan 20 MST didapat pada perlakuan biji dipotong menjadi dua sama besar sementara pada 25 MST koefisien

keragaman tertinggi didapat pada perlakuan biji utuh (Tabel 3).

Nilai koefisien keragaman yang lebih tinggi pada karakter morfologi tanaman manggis yang berasal dari biji yang dipotong-potong berkaitan dengan sifat biji manggis yang poliembrioni. Satu biji manggis dapat tumbuh lebih dari satu tunas, dimana setiap tunas muncul dari bagian yang berbeda, dan diduga membawa konstitusi genetik yang berbeda pula. Mansyah *et al.* (2008) mengemukakan, empat dari sembilan biji manggis poliembrioni memperlihatkan perbedaan pita DNA pada tunas-tunas yang tumbuh dari biji manggis yang sama.

#### *Pengaruh waktu pemotongan biji*

Waktu pemotongan biji manggis dibedakan menjadi pemotongan biji sesudah iradiasi (MB) dan pemotongan biji sebelum iradiasi (BM). Perlakuan biji yang dipotong sebelum iradiasi memiliki nilai koefisien keragaman yang lebih tinggi dibandingkan koefisien keragaman pada biji yang dipotong setelah iradiasi (Tabel 3). Hal ini disebabkan pada perlakuan pemotongan biji sebelum iradiasi, paparan sinar iradiasi langsung mengenai permukaan biji yang mengalami perlakuan akibat pemotongan sehingga efeknya menjadi lebih besar, sedangkan pada biji yang dipotong setelah perlakuan iradiasi, paparan sinar gamma hanya mengenai permukaan biji sehingga efek penyinaran lebih kecil.

#### **Peningkatan keragaman morfologi akibat iradiasi sinar gamma**

Tanaman manggis termasuk dalam golongan tanaman apomiksis obligat, biji tidak berasal dari hasil fertilisasi tetapi berkembang dari embrio adventif secara aseksual (Sobir dan Poerwanto 2007), sehingga diduga memiliki keragaman genetik yang rendah (Richards 1990b; Varheij 1992; Cox 1996). Apomiksis pada manggis mengakibatkan sifat genetik pada progeni sama dengan tetuanya (Koltunow *et al.* 1995). Induksi iradiasi dengan sinar gamma merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan keragaman genetik pada tanaman manggis yang tidak memungkinkan terjadinya persilangan.

Dalam penelitian ini, dendrogram yang disusun dari pengamatan morfologi tanaman manggis menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi sinar gamma mampu meningkatkan keragaman dibandingkan kontrol. Nilai kemiripan pada tanaman yang tidak mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma berkisar antara 13-83% (Gambar

5A), sedangkan nilai kemiripan setelah tanaman mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma berkisar antara 0-100% (Gambar 5B). Keragaman meningkat sebesar 30% setelah dilakukan induksi iradiasi sinar gamma. Sinar gamma termasuk mutagen yang menghasilkan ion dan radikal bebas dalam bentuk hidroksil (OH<sup>-</sup>). Jika radikal hidroksil menempel pada rantai nukleotida dalam DNA, maka utas tunggal DNA akan patah dan mengalami perubahan genom (Mohr dan Schopfer 1995). Secara visual keragaman pertumbuhan pada jagung akibat pengaruh iradiasi sinar gamma menjadi lebih besar (Herison *et al.* 2008).

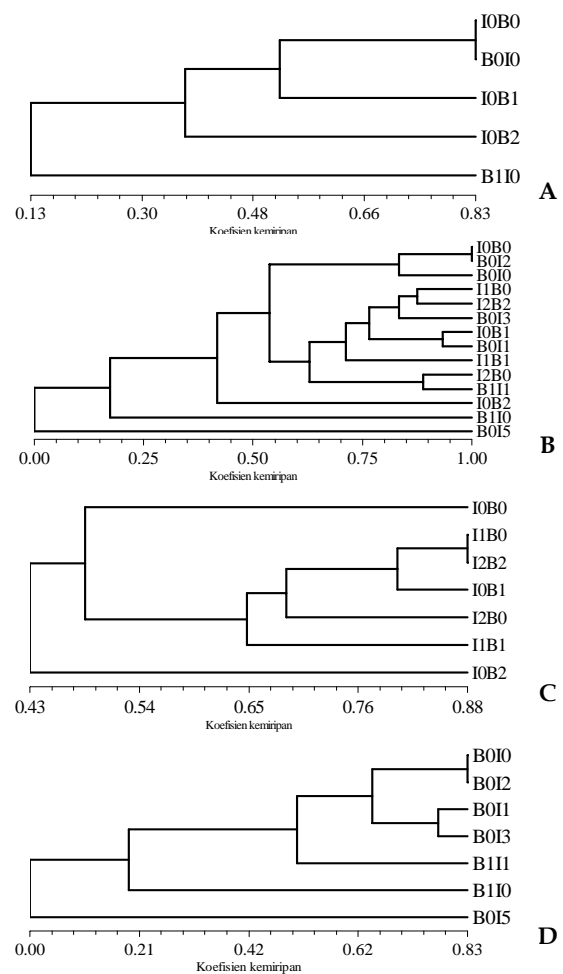
Pada tanaman manggis yang tidak mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma, kemiripan terbesar didapat pada tanaman tanpa perlakuan pemotongan biji yaitu I0B0 dan B0I0, masing-masing sebesar 83%. Secara garis besar, hasil penelitian mengelompok menjadi dua yaitu tanaman yang berasal dari biji utuh dan tanaman yang berasal dari biji yang dipotong menjadi dua atau tiga sama besar. Nilai kofenetik MXComp yang dihasilkan dari tanaman kontrol adalah ( $r = 0,967$ ) dengan *goodness fit* yang sangat sesuai, sedangkan tanaman hasil iradiasi sebesar ( $r = 0,956$ ). Analisis pengelompokan pada tanaman hasil iradiasi sinar gamma tidak memberikan pengelompokan khusus antara tanaman kontrol dan tanaman hasil iradiasi sinar gamma. Hal ini terjadi karena sifat mutasi yang ditimbulkan oleh iradiasi sinar gamma bersifat acak. Satu tanaman mutan hasil iradiasi 25 Gy (B0I2) berada pada kelompok tanaman tanpa perlakuan iradiasi yaitu pada kemiripan 100%. Hal ini menunjukkan bahwa secara morfologi tanaman tersebut tidak berbeda dengan tanaman yang tidak mendapat perlakuan iradiasi sinar gamma.

### Peningkatan keragaman morfologi berdasarkan pemotongan biji

Waktu pemotongan biji manggis, sebelum atau setelah iradiasi, memberikan perbedaan dalam meningkatkan keragaman berdasarkan pengamatan morfologi. Biji manggis yang mendapatkan iradiasi lebih dahulu sebelum dipotong memberikan kemiripan yang lebih kecil yaitu 43-88% (Gambar 5C), sementara biji manggis yang mendapat iradiasi setelah dipotong memiliki kemiripan 0-83% (Gambar 5D). Pola pemotongan biji juga terlihat memberikan keragaman, baik pada perlakuan iradiasi sebelum maupun setelah pemotongan. Pada Gambar 5C, berdasarkan pola pemotongan biji manggis dendrogram terbagi menjadi dua

kelompok pada kemiripan 43%, yaitu kelompok pertama hanya terdiri dari tanaman yang berasal dari biji utuh (I0B0) dan kelompok dua terdiri dari tanaman yang berasal dari biji manggis yang dipotong menjadi dua sama besar (I0B1) atau tiga sama besar (I0B2). Pada selang kemiripan 60% individu tanaman I0B1 dan I0B2 berada pada kelompok yang berbeda yang menandakan adanya keragaman diantara keduanya.

Biji manggis termasuk biji poliembrioni, dimana dalam satu biji dapat tumbuh lebih dari satu tunas. Masing-masing tunas memiliki konstitusi genetik berbeda karena berasal dari embrio yang berbeda. Mansyah *et al.* (2008) mengemukakan, empat dari sembilan biji manggis poliembrioni memperlihatkan perbedaan pita DNA pada tunas-tunas yang tumbuh dari biji manggis yang sama.



**Gambar 5.** Dendrogram tanaman manggis berdasarkan morfologi: A. Kontrol. B. Perlakuan iradiasi sinar gamma. C. Pemotongan biji setelah iradiasi. D. Pemotongan biji sebelum iradiasi.

## Pengamatan anatomi

### *Irisan transfersal*

Struktur daun manggis pada irisan transfersal terdiri dari lapisan kutikula, epidermis atas, parenkim palisade, parenkim bunga karang, dan epidermis bawah. Jaringan epidermis dilapisi oleh lapisan kutikula yang tersebar pada seluruh permukaan atas dan bawah daun. Struktur daun manggis termasuk tipe dorsiventral karena jaringan parenkim palisade berada di antara epidermis atas dan jaringan bunga karang. Hasil penelitian menunjukkan kutikula daun manggis terdapat pada permukaan atas dan bawah. Parenkim palisade daun manggis terdiri dari dua lapisan dan berada di bawah epidermis atas, sementara lapisan bunga karang berada di bawah parenkim palisade (Gambar 7). Pengamatan irisan transfersal daun manggis dilakukan terhadap 16 tanaman yang secara visual memperlihatkan pertumbuhan yang baik.

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa kisaran nilai pada tebal kutikula, epidermis atas, epidermis bawah, parenkim palisade, parenkim bunga karang dan tebal daun manggis sangat bervariasi. Tidak terdapat pola tertentu antara tebal kutikula individu tanaman kontrol dan hasil perlakuan iradiasi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa tebal epidermis atas dan epidermis bawah untuk sebagian besar tanaman hampir sama. Jaringan epidermis merupakan jaringan yang berfungsi melindungi jaringan di bawahnya serta berfungsi sebagai

lapisan untuk pertukaran gas dari dan ke luar tubuh tanaman melalui lubang stomata. Perubahan ketebalan epidermis akibat iradiasi sinar gamma dapat terjadi karena sifat ionisasi sinar gamma dapat menembus lapisan epidermis dan menyebabkan perubahan. Faktor lain yang berpengaruh terhadap perubahan karakter anatomi daun selain regenerasi adalah lingkungan seperti ketersediaan air, intensitas cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan temperature dapat mempengaruhi kerapatan stomata (Willmer 1983).

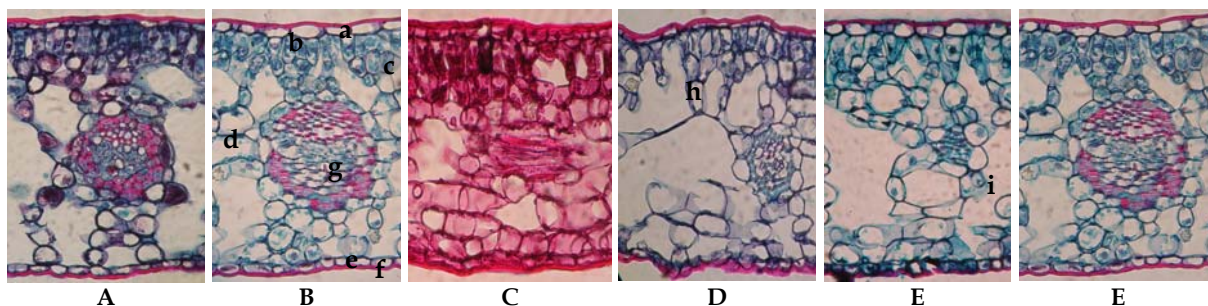
Beberapa tanaman hasil perlakuan iradiasi memperlihatkan nilai tebal palisade cukup besar, yaitu B0I3, I1B01, dan I0B02. Nilai tebal bunga karang dan tebal daun tertinggi didapat dari tanaman kontrol (B0I03), sedangkan yang terendah didapat dari tanaman hasil iradiasi 25 Gy. Ketebalan jaringan bunga karang berhubungan dengan ketebalan ruang antar sel, dimana semakin tebal jaringan bunga karang maka semakin besar ruang antar sel yang berguna untuk menyimpan air dan CO<sub>2</sub>. Menurut Fahn (1991) faktor penting yang dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis adalah sistem ruang antar sel yang sangat baik yang terdapat dalam mesofil, sehingga memudahkan pertukaran gas dengan cepat.

Hampir semua tanaman hasil iradiasi sinar gamma menunjukkan nilai tebal palisade dan tebal daun yang besar kecuali tanaman I2B2 yang justru menunjukkan nilai terkecil. Menurut

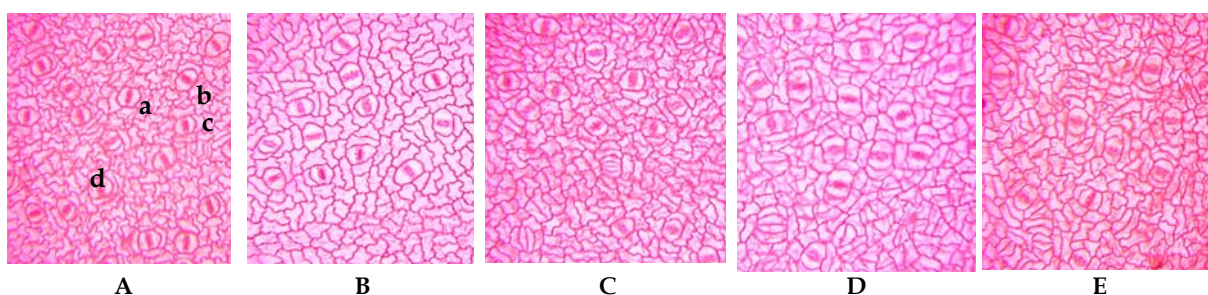
**Tabel 4.** Pengamatan irisan transfersal daun pada beberapa individu manggis ( $\mu\text{m}$ ).

Individu tanaman	Tebal rata rata ( $\mu\text{m}$ )					
	Kutikula	Epidermis atas	Epidermis bawah	Palisade	Bunga karang	Daun
<b>Biji dipotong setelah iradiasi</b>						
I0B01	3,88 ± 1,24	10,00 ± 2,04	7,75 ± 1,53	42,50 ± 6,87	184,51 ± 25,02	64,37 ± 7,85
I0B02a	2,88 ± 0,60	14,00 ± 1,29	10,25 ± 1,42	48,00 ± 6,21	180,75 ± 5,01	75,38 ± 5,76
I0B03	4,00 ± 1,29	7,75 ± 1,84	9,25 ± 2,64	44,5 ± 11,59	202,25 ± 31,27	65,77 ± 13,81
I1B02b	2,50 ± 0	10,13 ± 2,53	11 ± 3,37	46,5 ± 5,29	176,51 ± 6,89	70,37 ± 7,56
I1B01	3,75 ± 1,17	12,00 ± 2,58	9,25 ± 1,20	51,52 ± 8,26	178,75 ± 24,24	76,75 ± 6,61
I1B1	2,63 ± 0,39	10,52 ± 2,29	9 ± 1,29	42,52 ± 6,97	188,25 ± 13,64	64,88 ± 7,45
I2B0	3,38 ± 1,19	7,13 ± 1,87	6,25 ± 1,77	42,03 ± 8,32	151,03 ± 8,99	58,96 ± 10,08
I2B2	3,13 ± 1,06	9,13 ± 2,04	7,5 ± 1,67	43,25 ± 6,13	140,75 ± 20,01	63,20 ± 6,06
<b>Biji dipotong sebelum iradiasi</b>						
B0I02	3,52 ± 1,49	10,25 ± 1,84	9,25 ± 2,059	48,25 ± 6,46	195,25 ± 27,11	71,51 ± 7,06
B0I03	3,75 ± 1,18	10,50 ± 3,07	10,00 ± 2,63	55,00 ± 8,97	203,25 ± 19,04	79,53 ± 9,95
B0I04	4,54 ± 0,87	9,75 ± 2,75	9,75 ± 2,19	55,00 ± 10,99	167,50 ± 19,01	79,24 ± 12,52
B0I01	4,50 ± 1,05	9,87 ± 2,8	8,50 ± 1,74	53,50 ± 5,02	168,50 ± 12,08	76,62 ± 5,08
B0I2	4,01 ± 1,15	9,25 ± 2,37	8,88 ± 1,71	51,25 ± 7,38	185,50 ± 11,71	73,63 ± 6,16
B0I3	5,37 ± 2,13	13,12 ± 3,19	8,63 ± 2,91	57,25 ± 11,27	176,5 ± 24,58	84,63 ± 13,59
B1I02	3,13 ± 0,88	10,52 ± 1,97	8,50 ± 2,11	52,75 ± 9,75	173,01 ± 10,85	75,12 ± 8,77

Keterangan: I0 = iradiasi 0 Gy, I1 = iradiasi 20 Gy, I2 = iradiasi 25 Gy, I3 = iradiasi 30 Gy, B0 = biji utuh, B1 = biji dipotong dua, B2 = biji dipotong tiga.



**Gambar 6.** Perbandingan struktur anatomi irisan transversal daun manggis. (perbesaran 400X). A. Kontrol, B. Iradiasi 20 Gy biji utuh, C. Iradiasi 25 Gy biji dipotong dua, D. Iradiasi 30 Gy biji utuh, E. Iradiasi 20 Gy biji dipotong dua, F. Biji dipotong dua tanpa iradiasi. Keterangan: kutikula atas (a), epidermis atas (b), parenkim palisade (c), bunga karang (d), epidermis bawah (e), kutikula bawah (f), berkas pembuluh (g), idioblas (h), saluran getah (i).



**Gambar 7.** Perbandingan struktur anatomi daun manggis irisan paradermal. (100x). Keterangan: A. Kontrol, B. Biji dipotong dua, C. 20 Gy, biji dipotong dua, D. 25 Gy, biji dipotong tiga, E. Iradiasi 25 Gy biji utuh. Keterangan: lubang stomata (a), sel penjaga (b), sel tetangga (c), dan sel epidermis (d).

Dickison (2000), respon tanaman terhadap radiasi sinar gamma yang bersifat ionisasi dapat menyebabkan perubahan pada anatomi daun. Daun dapat mengalami perubahan seperti nekrosis jaringan, distorsi tulang daun, mengalami perubahan susunan dan ukuran jaringan palisade dan pembesaran jaringan bunga karang. Perbedaan penampang irisan paradermal daun manggis tanaman kontrol dan hasil perlakuan iradiasi sinar gamma disajikan pada Gambar 6.

#### *Irisan paradermal*

Pengamatan menunjukkan stomata daun manggis terdapat pada permukaan atas. Irisan paradermal menunjukkan pada lapisan epidermis daun manggis terdapat lubang stomata, sel penjaga, sel tetangga, dan sel epidermis. Pengamatan terhadap irisan paradermal daun manggis memperlihatkan variasi terhadap karakter yang diamati. Jumlah stomata tertinggi didapat pada tanaman tanpa perlakuan iradiasi dan tanaman hasil iradiasi 25 Gy dengan kombinasi pemotongan biji menjadi tiga sama besar, sedangkan yang terendah didapat pada tanaman dengan iradiasi sinar

gamma 25 Gy dengan bentuk biji utuh. Nilai jumlah epidermis tertinggi didapat pada tanaman dengan iradiasi 25 Gy dengan biji dipotong menjadi 3 (I2B2), sementara nilai terendah didapat dari tanaman tanpa perlakuan iradiasi (I0B03). Indeks stomata manggis berkisar antara 5,223-9,78 (Tabel 5). Indeks stomata serta kerapatan stomata dengan nilai tertinggi didapat pada tanaman tanpa perlakuan iradiasi sinar gamma (I0B03), sementara nilai terendah didapat dari tanaman dengan iradiasi 25 Gy (Gambar 7).

Tanaman manggis hasil perlakuan iradiasi sinar gamma yang bertahan hidup mengalami perubahan anatomi daun. Hal serupa juga dilaporkan Harahap (2005) dan Qosim (2006) terhadap daun manggis yang ditanam secara *in vitro*. Dickison (2000) menyatakan bahwa radiasi sinar gamma yang bersifat ionisasi dapat menyebabkan perubahan struktur anatomi daun. Iradiasi sinar gamma diketahui dapat meningkatkan ketebalan kutikula, epidermis, palisade dan tebal daun pada beberapa individu hasil iradiasi sinar gamma, walaupun kisaran kenaikannya bervariasi dan tidak menunjukkan pola terhadap kenaikan dosis iradiasi. Menurut Qosim (2006), tanaman yang memiliki tebal

**Tabel 5.** Rata-rata jumlah stomata, jumlah epidermis, indeks stomata, dan kerapatan stomata daun manggis.

Individu tanaman	Rata-rata			
	Jumlah stomata	Jumlah epidermis	Indek stomata	Kerapatan stomata/(mm <sup>2</sup> )
<b>Biji dipotong setelah iradiasi</b>				
B0I01a	13,00 ± 1,22	205,00 ± 27,07	6,06 ± 1,19	184,03 ± 17,33
B0I03b	14,20 ± 1,48	176,20 ± 17,16	7,49 ± 0,93	200,99 ± 20,99
B0I02	13,20 ± 4,38	205,80 ± 16,02	6,09 ± 2,23	186,84 ± 62,02
B0I2	10,00 ± 2,01	182,41 ± 15,46	5,22 ± 1,16	141,54 ± 28,30
B1I01b	14,02 ± 0,71	207,02 ± 26,90	6,38 ± 0,61	198,04 ± 10,01
<b>Biji dipotong sebelum iradiasi</b>				
I0B01b	11,61 ± 1,14	194,81 ± 12,29	5,62 ± 0,38	164,18 ± 16,14
I0B02b	14,22 ± 1,64	204,42 ± 22,81	6,56 ± 1,09	200,99 ± 23,25
I0B03	18,81 ± 2,59	174,60 ± 14,18	9,78 ± 1,62	266,10 ± 36,63
I1B1	13,82 ± 2,38	195,00 ± 28,46	6,67 ± 1,25	195,33 ± 33,79
I2B2	18,63 ± 3,13	213,20 ± 39,51	8,23 ± 2,46	263,27 ± 44,30

Keterangan : I0 = iradiasi 0 Gy, I1 = iradiasi 20 Gy, I2 = iradiasi 25 Gy, I3 = iradiasi 30 Gy, B0 = biji utuh, B1 = biji dipotong dua, B2 = biji dipotong tiga.

kutikula lebih besar kemungkinan memiliki sifat lebih toleran terhadap kekeringan karena kutikula yang lebih tebal dapat mengurangi laju transpirasi air dan dapat merefleksikan sinar matahari. Kutikula juga berfungsi untuk melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit. Pengamatan indeks stomata pada irisan paradermal menunjukkan bahwa pada perlakuan iradiasi sinar gamma, indeks stomata memiliki nilai lebih kecil dibandingkan tanaman tanpa iradiasi (kontrol), begitu juga kerapatan stomata terkecil didapat pada tanaman hasil iradiasi 25 Gy dengan pemotongan biji menjadi dua sama besar. Tanaman manggis yang memiliki kerapatan stomata yang tinggi memungkinkan pertukaran gas atau penyerapan CO<sub>2</sub> yang tinggi sehingga laju fotosintesis menjadi lebih tinggi. Dengan laju yang lebih tinggi, fotosintat sebagai hasil proses fotosintesis akan lebih tinggi sehingga lebih mendukung pertumbuhan tanaman. Qosim (2006), menyatakan regenerasi tanaman manggis yang memiliki kerapatan stomata, parenkim palisade dan jumlah berkas pembuluh yang tinggi dapat dijadikan kriteria seleksi tidak langsung untuk efisiensi. Harahap (2005) menyatakan, studi struktur anatomi mutan sangat berguna untuk menjelaskan perubahan kontrol genetik pada proses tertentu. Fahn (1991) menemukan jagung mutan resesif yang bertahan hidup diketahui mengalami perubahan anatomi berupa terhambatnya proses diferensiasi pada berkas

pembuluh batang. Cutter (1969) menyatakan bahwa sel-sel yang mampu tumbuh sesudah iradiasi diharapkan mengalami perubahan fisiologis atau genetik. Tanaman hasil iradiasi yang mampu bertahan hidup diharapkan akan menambah keragaman untuk menambah efektifitas seleksi.

### Korelasi antara karakter morfologi dan anatomi

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh faktor-faktor yang saling terkait, baik internal maupun eksternal. Hasil uji korelasi antara karakter morfologi tinggi tanaman, panjang daun, dan lebar daun dengan karakter indeks stomata dan kerapatan stomata, menunjukkan adanya korelasi positif antara karakter tinggi tanaman dengan kerapatan stomata, dan panjang daun dengan lebar daun. Adanya korelasi antara tinggi tanaman dengan kerapatan stomata mengindikasikan karakter tersebut dipengaruhi oleh kerapatan stomata. Nilai korelasi antara tinggi tanaman dan kerapatan stomata adalah 90% (Tabel 6) yang berarti karakter kerapatan stomata berperan sebesar 90% terhadap tinggi tanaman, sementara korelasi antara lebar daun dan panjang daun adalah 74% (Tabel 6). Kerapatan stomata yang tinggi memungkinkan proses fotosintesis yang lebih tinggi sehingga fotosintat yang dihasilkan akan lebih besar, sehingga lebih mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Korelasi positif antara tinggi tanaman dan kerapatan stomata memungkinkan parameter kerapatan stomata menjadi kriteria seleksi untuk mendeteksi pertumbuhan manggis.

**Tabel 6.** Nilai korelasi antara indeks stomata, kerapatan stomata, tinggi tanaman, panjang daun, dan lebar daun.

Karakter anatomi	Indek stomata	Kerapatan stomata	Tinggi tanaman	Panjang daun	Lebar daun
Indek stomata	1	0,02	0,01	-0,16	0,13
Kerapatan stomata		1	0,90*	0,02	0,17
Tinggi tanaman			1	-0,07	0,07
Panjang daun				1	0,74*
Lebar daun					1

Hasil analisis korelasi antara peubah tebal kutikula, epidermis atas, epidermis bawah, palisade serta bunga karang terhadap peubah morfologi tanaman manggis menunjukkan bahwa tinggi tanaman, lebar daun, dan panjang daun tidak nyata dipengaruhi oleh tebal kutikula, epidermis atas dan bawah, tebal parenkim palisade dan bunga karang daun manggis (Tabel 7). Karakter tinggi tanaman nyata dipengaruhi oleh lebar daun dengan nilai korelasi sebesar 76%.

**Tabel 7.** Nilai korelasi antara tebal kutikula, tebal epidermis atas, tebal epidermis bawah, tebal palisade, tebal bunga karang, panjang daun, lebar daun, dan tinggi tanaman.

Karakter	Kutikula	Epidermis atas	Epidermis bawah	Palisade	Bunga karang	Panjang daun	Lebar daun	Tinggi tanaman
Kutikula	1	-0,17	0,04	0,01	0,08	0,02	-0,1	-0,16
Epidermis atas		1	0,08	-0,04	0,17	0,12	0,12	0,35
Epidermis bawah			1	0,17	0,1	0,18	0,12	0,29
Palisade				1	0,15	0,25	0,01	0,06
Bunga karang					1	-0,12	-0,08	-0,07
Panjang daun						1	0,24	0,3
Lebar daun							1	0,76*
Tinggi tanaman								1

## KESIMPULAN DAN SARAN

Iradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 20 Gy, 25 Gy, 30 Gy, 35 Gy, dan 40 Gy meningkatkan keragaman morfologi manggis sebesar 30%. Peningkatan keragaman tertinggi pada manggis didapat pada: (i) dosis iradiasi 25 Gy, (ii) pemotongan biji menjadi dua sama besar, dan (iii) pemotongan biji yang dilakukan setelah iradiasi sinar gamma. Peningkatan keragaman manggis terbesar diperoleh dengan metode iradiasi pada biji dengan dosis 25 Gy kemudian biji dipotong melintang menjadi dua sama besar. Kerapatan stomata memiliki korelasi positif dengan tinggi tanaman sebesar 90%. Kerapatan stomata dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi untuk menduga pertumbuhan manggis. Untuk mendapatkan manggis dengan keragaman lebih besar, disarankan untuk melakukan iradiasi pada manggis dengan dosis 25 Gy dengan jumlah materi penelitian lebih banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahnstroem G. 1977. Radiobiology. In: Manual on mutation breeding. 2nd ed. Tech. Report Series No. 119. Joint FAO/IAEA. Division of Atomic Energy in Food and Agriculture. Vienna.
- Ashri A. 1970. Inheritance of small leaflets in a wide cross in peanuts, *Aracis hypogaea*. *Oleagineux* 35: 153-154.
- Baddiganavar AM, Murty GSS. 2007. Genetic enhancement of groundnut through gamma ray induced mutagenesis. *Plant Mutation Rep* 1 (3): 16-21.
- Baihaki A. 1999. Diktat kuliah teknik rancang dan analisis penelitian pemuliaan. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Jatinangor.
- Chen LG, Yang LL, Wang CC. 2008. Anti-Inflamantory activity of mangosteen from *Garcinia mangostana*. *Food Chem Toxicol* 46: 688-693.
- Chomnawang MT, Surassmo S, Wongsariya K, Bunyapraphatsara N. 2009. Antibacterial activity of Thai medicinal plants against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Fitoterapia* 80 (2): 102-104.
- Cox JEK. 1988. *Garcinia mangostana*, mangosteen In: Gardner RJ, Chaudari SA (eds). The propagation of tropical fruits trees. Anthony Rowe Ltd. Chippenham, Wiltshire, England.
- Crowder LV. 1997. Genetika tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Cutter EG. 1969. Plant anatomy: experiment and interpretation. part 1. pell and tissues. William Clowers and Sons. London.
- Datta SK. 2001. Mutation studies on garden Chrysanthemum. *A Review. Sci. Hort.* 7 : 159-199.
- Dickison WC. 2000. Intregative plant anatomy. Academic Press. Tokyo.
- Fahn A. 1991. Anatomi tumbuhan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Fauza H, Karmana MH, Rostini N, Mariska I. 2005. Pertumbuhan dan variabilitas fenotipik manggis hasil iradiasi sinar gamma. *Zuriat* 16 (2): 133-144.
- Gou HJ, Liu LX, Han WB, Zhao SR, Zhao LS, Sui L, Zhao K, Kong FQ, Wang J. 2007. Biological effect of high energy Li ion beams implantation in wheat. *Plant Mutation Rep* 1 (3): 31-35.
- Handayati W, Darliah, Mariska I, Purnamaningsih R. 2001. Peningkatan keragaman genetik mawar mini melalui kultur in-vitro dan iradiasi sinar gamma. *Berita Biol* 5 (4): 365-371.
- Harahap F. 2005. Induksi variasi genetik tanaman manggis (*Garcinia mangostana*) dengan radiasi sinar gamma. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- IRB [Institut of Radiation Breeding]. 2001. National Institute of Agrobiological Resurces, MAFF. PO Box 3, Ohmiya Macni, Nacagun, Ibaraki, 312-22, Japan.
- Koltunow AM, Grossniklaus U. 2003. Apomixis: a developmental prespective. *Ann Rev Plant Biol* 54: 547-574.
- Manjaya JG, Nandanwar RS. 2007. Genetic improvement of soybean variety JS 80-21 trough induced mutation. *Plant Mutation Rep* 1 (3): 36-40.
- Mansyah E, Anwarudinsyah MJ, Sadwiyanti L, Susilohadi A. 1999. Variabilitas genetik tanaman manggis melalui analisis isozim dan kaitannya dengan variabilitas fenotipiknya. *Zuriat* 10 (1): 1-10.
- Mansyah E, Santoso PJ, Muas I, Sobir. 2008. Evaluation of genetic diversity smong snd within mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) trees. 4th International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. Bogor, West Java. Indonesia. November 3-7, 2008.

- Mohr H, Schopfer P. 1995. Plant physiology. Springer. Berlin.
- Moore TC. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormones. Springer. New York.
- Morton J. 1987. Breadfruit. In: Fruits of warm climates. Miami, FL.
- Mugiono. 1996. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap mutasi klorofil dan variasi genetik ketahanan penyakit blas pada padi gogo. *Zuriat* 7 (1): 15-21.
- Poerwanto R. 2000. Teknologi budidaya manggis. Diskusi Nasional Bisnis dan Teknologi Manggis. Bogor 15-16 November 2000.
- Qosim WA. 2006. Studi iradiasi sinar gamma pada kultur kalus nodular manggis untuk meningkatkan keragaman genetik dan morfologi regeneran. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramage CM, Sando L, Peace CP, Carroll BJ, Drew RA. 2004. Genetic diversity revealed in the apomictic fruit species *Garcinia mangostana* L. (mangosteen). *Euphytica* 136: 1-10.
- Richards AJ. 1990. Studies in *Garcinia*, dioecious tropical fruit trees: agamospermy. *Bot J Linn Soc.* 103: 233-250.
- Rohlf FJ. 2002. NTSYS-PC numerical taxonomy and multivariate analysis system, Version 2.01. Owner's manual. Exeter Publication. Setauket, NY, USA.
- SAS [SAS Institute Inc]. 2004. What's new in SAS® 9.0, 9.1, 9.1.2, and 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sobir, Poerwanto R. 2007. Mangosteen genetic and improvement. *Intl J Plant Breed* 1(2): 105-111.
- Soeranto H. 2003. Peran iptek nuklir dalam pemuliaan tanaman untuk mendukung industri pertanian. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi. Badan tenaga nuklir nasional (BATAN) Jakarta.
- Uji T. 2007. Keanekaragaman, persebaran, dan potensi jenis-jenis *Garcinia* di Indonesia. *Berk Penel Hayati* 12: 129-135.
- Van Harten AM. 1998. Mutation breeding. Theory and Practical Application. Press Syndicate. University of Cambridge, UK.
- Verheij EWM, Coronel RE. 1991. Plants Resources of South East Asia No 2. Edible fruits and nuts. Pudoc. Wageningen.
- Wible J, Chack EK, Downton WJS. 1992. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) a potential crop for tropical Northern Australia. *Acta Horticulturae* 321: 132-137.
- Willmer CM. 1983. Stomata. Longman. London.