

PENGARUH RADIASI SINAR GAMMA TERHADAP KULTUR *IN VITRO* TANAMAN JAHE

Lukita Devy dan Dodo R. Sastra
Pusat Teknologi Produksi Pertanian
Gedung BPPT 2, Lantai 17

Abstract

In vitro shoot explants of white ginger and red ginger are irradiated by two different techniques. The first, the tuber explants are irradiated by 2 levels of gamma rays namely 10 and 30 Gy. The second, the shoot explants are irradiated by 2 levels of gamma rays namely 7,5 and 12,5 Gy. The irradiated explants are regenerated on modified MS medium with BAP 2 ppm and NAA 0,25 ppm. The result show that the irradiated tuber explants with 10 and 30 Gy could not initiate new regenerant of ginger. On the other hand the irradiated shoot explants with 7,5 and 12,5 Gy have been able to influence the growth and development of shoot, leaf and root. It is indicated that the level of gamma rays irradiation on shoot explants influences the induced putative mutant of ginger. However, the sprouting of red ginger on 12,5 Gy is higher and faster than 7,5 Gy, and white ginger as well as control. The other morphological characters have not been able to be identified, the experiment are still in process to detect the mutagenic influences.

Kata Kunci : Jahe, sinar gamma, *in vitro*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati terbesar kedua di dunia setelah Brazilia. Dari 40.000 jenis flora di dunia, 30.000 telah teridentifikasi di Indonesia dan 950 spesies diantaranya diketahui memiliki fungsi bio-farmaka. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki peluang yang cukup baik untuk menjadi salah satu negara terbesar dalam industri obat tradisional dan kosmetika alami berbahan baku tumbuhan¹⁷⁾.

Salah satu tumbuhan obat yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah Jahe (*Zingiber officinale* R.). Jahe merupakan salah satu diantara limabelas tanaman obat unggulan yang memiliki prospek baik untuk dikembangkan ke skala industri²⁴⁾. Jahe banyak mengandung gingerol dan paradol yang berguna sebagai bahan baku industri farmasi¹⁹⁾.

Peluang pengembangan tanaman jahe di Indonesia cukup menjanjikan. Selain Cina dan India, Indonesia termasuk negara produsen jahe terbesar di dunia yaitu sebanyak 77.500 ton per tahun¹⁰⁾. Perkembangan luas area penanaman jahe di Indonesia pada periode 1996-2000 pun cenderung meningkat dari 9.897 ha menjadi

10.000 ha. Dalam perdagangan internasional, Indonesia menjadi pengekspor jahe terbesar ke-4 di dunia dengan nilai ekspor sebesar US\$ 5.797.000 pada tahun 2002. Rata-rata permintaan jahe Indonesia pada tahun 1990 sampai 1998 mencapai 294,83 ton simplisia atau setara dengan 1.474,17 ton jahe segar. Pada tahun 1999 volume ekspor jahe segar, jahe kering dan minyak jahe masing-masing mencapai 41.082 ton, 2.110 ton dan 5,3 ton dengan nilai US\$ 11.820.305, US\$ 2.300.437 dan US\$ 268.023. Walaupun demikian, Indonesia hanya memberikan sumbangan sebanyak 4.52% pada perdagangan jahe dunia²¹⁾. Hal ini disebabkan kebutuhan dalam negeri yang sangat besar.

Pengembangan tanaman jahe di Indonesia akan dihadapkan pada beberapa kendala mendasar dan perlu diberikan prioritas penanganannya. Kendala tersebut mencakup belum adanya kultivar budidaya unggul, ketersediaan bibit yang berkualitas, dan teknik budidaya yang tepat. Sebagai contoh, budidaya tanaman jahe memerlukan bibit berkisar antara 2-3 ton/ha, atau secara nasional diperlukan 20.000-30.000 ton¹²⁾. Sampai sekarang belum ada pihak yang menangani penyediaan bibit yang berkualitas tersebut, apalagi upaya mendapatkan kultivar unggul. Hal ini menunjukkan adanya peluang

bisnis bibit jahe yang cukup besar, terutama bagi para petani dan pengusaha.

Tanaman jahe termasuk tanaman yang sulit melakukan pembungaan dan pembentukan biji sehingga bereproduksi secara klonal melalui rimpang¹⁶⁾. Reproduksi tanaman secara klonal akan menghasilkan generasi yang selalu identik dengan induknya, karena gen-gen tidak mengalami pemisahan dan perpaduan bebas seperti pada reproduksi seksual. Oleh karena itu, di alam keragaman genetik tanaman jahe sangat rendah, dan menyulitkan perakitan gen dalam pemuliaan tanaman. Sampai sekarang, hanya dikenal tiga jenis tanaman jahe yang dibudidayakan petani di Indonesia, yaitu: (1) jahe merah (*Z. officinale* var. *rubrum*) yang sering disebut jahe sunti dengan kandungan minyak atsiri 2.58-3.90% dan banyak digunakan untuk produksi minyak jahe, (2) jahe putih besar (*Z. officinale*) yang sering disebut jahe badak dengan kandungan minyak atsiri 0.82-1.66%, banyak digunakan untuk produksi jahe segar atau jahe kering dan (3) jahe putih kecil (*Z. officinale* var. *amarum*) yang biasa disebut jahe emprit dengan kandungan minyak atsiri 1.5-3.5%, banyak digunakan untuk produksi jamu segar maupun kering¹²⁾.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk pembuatan kultivar baru yaitu melalui pemuliaan mutasi buatan. Induksi mutasi secara fisik maupun kimiawi merupakan metode yang sangat baik digunakan untuk pengembangan varietas tanaman yang diperbanyak secara vegetatif. Teknik pemuliaan ini sudah dapat menghasilkan varietas baru pada tanaman pisang, anggrek, tanaman hias dan di Malaysia sedang dilakukan pada tanaman yang menghasilkan biji apomiktik seperti manggis dan duku³⁾.

1.2. Keragaman Tanaman

Di alam, perbedaan antar individu dalam suatu populasi selalu dijumpai. Keragaman tersebut ada yang bisa diwariskan atau disebut variasi genetik, tetapi ada juga yang disebabkan oleh faktor lingkungan sehingga tidak dapat diwariskan. Keragaman genetik dalam suatu populasi sangat esensial bagi keberhasilan program pemuliaan tanaman²⁷⁾.

Keragaman genetik dapat terjadi secara alami atau spontan, tetapi dapat juga secara buatan. Keragaman genetik yang terjadi secara spontan disebabkan oleh terjadinya mutasi, rekombinasi, dan migrasi gen. Mutasi spontan ialah mutasi yang terjadi secara alami yang berhubungan dengan proses replikasi DNA, yaitu kesalahan dalam replikasi DNA, kerusakan DNA, kesalahan saat pembelahan sel, perubahan tautomerik, dan perpindahan materi genetik atau elemen loncat.

Mutasi spontan mempunyai frekuensi yang sangat rendah yakni sekitar 10^{-9} sampai 10^{-7} kali. Frekuensinya dapat ditingkatkan oleh rangsangan dari luar secara buatan baik faktor kimia, fisik atau biologis. Jadi faktor luar bukan penyebab utama terjadinya mutasi tetapi hanya meningkatkan²⁰⁾.

Secara tradisional, analisis keragaman tanaman dilakukan dengan menggunakan penanda morfologi atau biokimia seperti isozim²⁵⁾. Analisis keragaman morfologi dilakukan dengan menggunakan data hasil pengamatan atau pengukuran karakter morfologi tertentu⁹⁾. Sebagai contoh pada tanaman *Panicum coloratum* L. karakter lebar daun dan pertumbuhan akar kecambah dapat diwariskan secara konsisten selama dua tahun²⁹⁾. Kelemahan analisis ini adalah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, memperlihatkan penurunan sifat dominan - resesif, dan memiliki tingkat keragaman atau polimorfisme yang rendah^{2, 22)}. Sedangkan pada tanaman *in vitro* sering terjadi epigenetik, yaitu penampilan morfologi berbeda tetapi secara genetik tidak berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya keragaman fenotipe pada tanaman hasil regenerasi dari kultur pucuk, tetapi setelah dilakukan elektroforesis protein tidak menghasilkan perbedaan yang nyata⁷⁾.

1.3. Radiasi Sinar Gamma

Sinar gamma adalah salah satu mutagen fisik yang sering digunakan dalam teknik mutagenesis tanaman. Sinar radioaktif jika mengenai jaringan tanaman akan menimbulkan ionisasi molekul air, kemudian akan mengoksidasi gula dalam DNA sehingga rangkaian nukleotidanya akan putus. Tetapi ada pula radiasi yang langsung menyebabkan basa nukleotida menjadi lepas, rusak, atau berubah susunan molekulnya, sehingga menghambat replikasi dan transkripsinya serta mengakibatkan tidak dihasilkannya asam amino karena tidak terbaca pada waktu translasi^{6, 28)}. Radiasi juga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan dalam komposisi basa dan juga putusnya rantai DNA⁸⁾. Dinyatakan juga bahwa efek radiasi terhadap basa lebih penting dan berperan secara langsung dalam proses mutasi gen, seperti terjadinya substitusi, penambahan atau hilangnya basa dalam molekul DNA. Radiasi juga dapat menginduksi perubahan struktur kromosom, yaitu terjadinya pematihan kromosom. Pada dosis rendah dapat menyebabkan terjadinya delesi, dan semakin tinggi dosisnya akan terjadi duplikasi, inversi, atau translokasi kromosom⁶⁾.

Semua bagian tanaman dapat diradiasi untuk menginduksi mutasi asalkan bagian tanaman tersebut dapat ditumbuhkan. Biji pada tanaman menyerbuk sendiri dan mata tunas pada tanaman

yang dibiakkan secara vegetatif merupakan bagian tanaman yang paling banyak digunakan dalam pemuliaan tanaman mutasi dengan radiasi¹¹⁾. Dinyatakan pula bahwa kepekaan setiap bagian tanaman terhadap radiasi tidak sama tergantung kondisi fisiologisnya. Sebagai contoh hasil penelitian Van Harten menunjukkan bahwa eksplan tangkai daun kentang yang diberi sinar X 20 Gy menghasilkan frekuensi mutasi yang tinggi sebesar 89,1%, sedangkan frekuensi mutasi eksplan daun tertinggi 91,7% terjadi pada 27,5 Gy¹⁾. Jenis eksplan yang diiradiasi ternyata mempengaruhi keberhasilan iradiasi dan pertumbuhan dalam kultur *in vitro*. Demikian juga hasil penelitian lain menunjukkan bahwa eksplan yang sesuai untuk diiradiasi adalah daun, tunas dan stek pucuk⁵⁾.

Frekuensi terjadinya mutan yang cukup tinggi akibat induksi mutasi buatan secara fisik telah dapat dihasilkan pada tanaman *Achiemenes*⁴⁾ dan *Kalanchoe*⁵⁾. Ternyata frekuensi mutasi berkorelasi positif dengan dosis radiasi¹³⁾. Efektifitas radiasi pada tanaman akan dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan faktor biologi. Faktor lingkungan seperti oksigen, kadar air, penyimpanan setelah penembakan radiasi dan suhu. Sedangkan faktor biologi adalah volume inti dan kromosom pada interfase, serta faktor genetis yaitu adanya perbedaan kepekaan terhadap radiasi¹¹⁾.

1.4. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis efektif sinar gamma pada proses mutagenesis tanaman jahe; mendapatkan teknik mutagenesis; dan mengetahui pengaruh sinar gamma terhadap morfologi tanaman jahe secara *in vitro*.

2. BAHAN DAN METODA

2.1. Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini digunakan eksplan tanaman jahe yang berasal dari rimpang jahe badak putih dan kuning. Komposisi media tanam yang digunakan adalah Murashige and Skoog (MS) dengan tambahan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) *Benzyladenophurine* (BAP) dan *Naphthaleneacetic acid* (NAA). Penyusun media tanam yang lain adalah *casein hydrolysate*, gula, agar-agar, antibiotik serta HCl dan KOH untuk mengatur kemasaman media. Bahan sterilisasi yang digunakan adalah Benlate, Agrept, Kaporit (Ca(OCl)), deterjen, Clorox (NaOCl), alkohol 70% dan 95% serta spiritus untuk pengisi pembakar Bunsen.

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat diseksi, seperangkat pengukur, gelas, pipet, cawan petri, botol kultur, neraca analitik, *laminar airflow*, *autoclave* dan rak kultur.

2.2. Metoda

2.2.1. Persiapan Eksplan

Rimpang jahe dikecambahkan selama dua minggu hingga tumbuh tunas aksilar. Tunas tersebut selanjutnya dipisahkan dari rimpang dan dicuci bersih. Selanjutnya tunas direndam dalam larutan Benlate dan Agrept, masing-masing berkonsentrasi 2 g/l selama 24 jam. Setelah itu tunas dicuci bersih dari *sterilant* dan direndam dalam larutan kaporit berkonsentrasi 2 g/l selama 6 jam kemudian tunas dicuci bersih lalu disterilisasi di dalam *laminar airflow*.

Di dalam *laminar airflow*, tunas direndam dalam larutan Clorox 10% selama 15 menit kemudian dibilas dengan air steril dan dipotong menjadi lebih kecil. Selanjutnya eksplan direndam kembali dalam larutan Clorox 5% selama 20 menit kemudian dibilas dengan air steril sebanyak tiga kali. Langkah terakhir adalah dilakukannya pemotongan eksplan dengan membuang permukaan yang terkena *sterilant* dalam air steril yang mengandung Betadine. Selanjutnya eksplan ditanam dalam media pre-kondisi yang mengandung antibiotik selama satu minggu.

2.2.2. Pembuatan Media

Media yang disiapkan untuk mengkulturkan jahe adalah media pre-kondisi yaitu MS tanpa ZPT, media inisiasi dengan media dasar MS yang ditambahkan BAP 2 ppm dan NAA 0.25 ppm, media perbanyakan dengan MS sebagai media dasar ditambah BAP 1 ppm dan NAA 0.1 ppm. Media cair dengan komposisi sama dengan media inisiasi digunakan untuk merangsang multiplikasi tunas.

2.2.3. Radiasi Eksplan

Radiasi eksplan dilakukan dengan dua cara yaitu (1) Meradiasi eksplan yang steril dan mencukupi jumlahnya dengan sinar gamma sebanyak 10 dan 30 Gy, kemudian menanamnya dalam media perbanyakan cair tanpa antibiotik dan (2) Memperbanyak eksplan steril terlebih dahulu dalam media cair dengan peng-*shaker*-an, kemudian setelah terbentuk tunas baru maka dilakukan radiasi dengan sinar gamma sebanyak 7.5 dan 12.5 Gy.

2.2.4. Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan dilakukan dengan memindahkan eksplan hasil radiasi yang sudah bertunas ke media padat. Subkultur dilakukan ke media padat pada kultur yang menunjukkan pertumbuhan lambat atau pertumbuhan cepat dengan banyak tunas.

Pengamatan dilakukan terhadap persentase eksplan bertunas, persentase eksplan berdaun, jumlah tunas, bentuk tunas, bentuk daun, warna tunas, tinggi tunas dan persentase tunas berakar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Keadaan Umum Kultur

Tingkat kontaminasi eksplan sangat tinggi, terutama disebabkan oleh keberadaan bakteri sistemik sehingga metoda sterilisasi yang digunakan selalu berubah disesuaikan dengan kondisi awal bahan tanaman induk. Hal ini menyebabkan dilakukannya penggantian tunas steril pada media perbanyak untuk mendapatkan sejumlah tunas yang akan diiradiasi.

Pada percobaan pertama, dimana eksplan steril langsung diiradiasi pada dosis 15 dan 30 Gy, tidak terlihat adanya perkembangan. Pada satu minggu setelah tanam, seluruh eksplan berubah warna menjadi coklat dan pada akhirnya mati.

Pada percobaan kedua, dosis iradiasi diturunkan menjadi 7.5 dan 12.5 Gy dan diharapkan pada dosis tersebut eksplan tunas *in vitro* masih mampu menunjukkan respon pertumbuhan.

Pada minggu pertama setelah iradiasi, tunas masih terlihat hijau dan tidak menunjukkan adanya perubahan. Pada minggu ke-2, tunas memperlihatkan perkembangan dengan adanya pembesaran ukuran tunas dan perubahan warna tunas menjadi hijau muda. Dengan bertambahnya waktu, tunas berubah warna menjadi bening, membentuk kalus dan pada minggu ke-8 terbentuk tunas baru.

Pertambahan dan pertumbuhan tunas terjadi sangat lambat. Selama lima bulan di dalam kultur, tidak terjadi pertumbuhan tinggi maupun pembentukan daun. Pemindehan kultur ke media tanpa ZPT tidak mampu mengatasi masalah tersebut. Warna tunas berangsur-angsur berubah sebagian menjadi *vitrous* dan sebagian menjadi coklat (Tabel 1).

Tabel 1.
Warna Tunas Jahe Setelah Diiradiasi dengan Sinar Gamma

Varietas Jahe	Dosis Iradiasi Sinar Gamma (Gy)		
	0	7.5	12.5
Sunti	Hijau	<i>Vitrous</i> , coklat	<i>Vitrous</i> , coklat
Badak	Hijau	<i>Vitrous</i> , coklat	<i>Vitrous</i> , coklat

Perubahan warna tunas yang terbentuk menjadi *vitrous* kemungkinan disebabkan oleh adanya gangguan dalam sintesis klorofil. Terjadinya gejala *vitrous* disebabkan tanaman tidak mampu membentuk lapisan lignin dan melakukan sintesis klorofil¹⁵⁾. Penyebabnya mungkin disebabkan oleh terlalu tingginya kandungan ZPT sitokinin dan kelembaban dalam kultur, defisiensi mineral karena terlalu rendahnya pH media atau adanya mutasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya defisiensi klorofil pada tanaman barley mutan yang berhubungan dengan terhambatnya aktivitas enzim katalase dalam proses sintesis kloroplas²³⁾.

Pada bulan ke-7 terdapat satu kultur jahe putih dan jahe kuning pada perlakuan 7.5 Gy yang memperlihatkan tunas berwarna hijau. Jumlah tunas pada jahe putih yang mampu tumbuh adalah dua buah sedangkan pada jahe kuning mencapai lima buah. Hal ini didukung oleh penelitian Wagner dan Heerscheel dimana dengan berjalannya waktu ternyata barley mutan mampu kembali menjadi normal dan daun kembali menjadi hijau. Hal ini mungkin disebabkan oleh sel-sel termutasi yang kalah bersaing dengan sel-sel normal di sekelilingnya. Sel normal diduga mampu terus berkembang membentuk kelompok sel dan sel termutasi terseleksi dengan sendirinya.

Merujuk pada hasil penelitian tersebut, warna *vitrous* pada tunas jahe yang diiradiasi masih perlu terus diamati. Seandainya dengan berjalannya waktu tidak terjadi perubahan maka dapat diduga telah terjadi mutasi pada tunas tersebut. Oleh karena itu, diperlukan analisa lebih jauh pada pengamatan selanjutnya untuk memastikan terjadinya mutasi.

3.2. Persentase Kultur Bertunas

Pada semua kombinasi perlakuan yang diteliti, lebih dari 70% kultur mampu membentuk tunas majemuk (Tabel 2). Dosis iradiasi 12.5 Gy pada kedua varietas jahe masih mampu merangsang tunas untuk membentuk tunas baru. Persentasenya tidak jauh berbeda dibanding perlakuan tanpa iradiasi.

Tabel 2.
Persentase Kultur yang Membentuk Tunas Majemuk

Varietas Jahe	Dosis Iradiasi Sinar Gamma (Gy)		
	0	7.5	12.5
%		
Sunti	83	71	90
Badak	85	77	75

Tampaknya terdapat perbedaan respon dari kedua varietas jahe yang diuji. Jahe sunti dengan dosis 12.5 Gy menghasilkan persentase bertunas yang paling tinggi (90%) diantara semua perlakuan. Hal ini menunjukkan dosis 12.5 Gy pada jahe sunti mampu memicu pembelahan sel sehingga terbentuk tunas baru. Kondisi ini cenderung mirip dengan penelitian iradiasi pada anggrek *Dendrobium* dimana peningkatan dosis sampai 10 Gy mampu meningkatkan pertumbuhan *protocorm like bodies* (PLB). Pada jahe badak terjadi kondisi sebaliknya. Dosis iradiasi yang semakin meningkat cenderung menurunkan persentase multiplikasi tunas. Hasil penelitian pada tanaman *Alpinia purpurata* menunjukkan pembentukan tunas samping dipengaruhi dosis iradiasi yang diberikan. Dosis iradiasi yang semakin tinggi cenderung menghambat pertumbuhan tunas¹⁸⁾.

Penelitian yang lebih teliti perlu dilakukan untuk mengetahui dosis iradiasi optimal pada jahe badak yang dapat meningkatkan persentase pembentukan tunas majemuk. Adanya respon yang cukup baik pada peubah pembentukan tunas ini akan memberikan keuntungan dalam metoda perbanyak jahe berupa penggunaan iradiasi untuk mempercepat dan memperbanyak pembentukan tunas majemuk.

3.3. Jumlah Tunas

Jumlah tunas rata-rata pada kedua varietas jahe yang diiradiasi dengan dosis 12.5 Gy sama dengan eksplan yang tidak diiradiasi (Tabel 3).

Tabel 3.
Rata-rata Jumlah Tunas Setelah Diiradiasi dengan Sinar Gamma

Varietas Jahe	Dosis Radiasi Sinar Gamma (Gy)		
	0	7.5	12.5
Sunti	4	2	4
Badak	3	2	3

Rata-rata jumlah tunas yang terbentuk pada jahe sunti lebih besar daripada jahe badak. Perlakuan iradiasi pada kedua varietas ini tidak konsisten. Pada dosis 7.5 Gy rata-rata jumlah tunas menurun kemudian meningkat pada 12.5 Gy.

Pada perlakuan jahe sunti tanpa iradiasi, terdapat dua kultur yang membentuk tunas lebih dari 10. Umumnya tunas hasil inisiasi awal sangat

rendah yaitu berkisar antara 2-4 tunas. Dilihat dari kecepatan dan pembentukan tunasnya, kedua kultur tersebut memiliki prospek untuk dikembangkan dan diuji lebih lanjut secara *in vitro* maupun *in vivo*.

3.4. Tinggi Tunas

Pelakuan dengan iradiasi pada kedua dosis di kedua varietas jahe sangat menghambat pertumbuhan tunas. Sampai akhir pengamatan tidak dapat dilakukan pengukuran tinggi tunas. Tinggi tunas hanya dapat diukur pada perlakuan tanpa iradiasi (Tabel 4). Rata-rata tinggi tunas jahe sunti dan jahe badak pada perlakuan tanpa iradiasi mencapai 4 cm.

Pemberian iradiasi pada tunas jahe menghambat pemanjangan dan pembelahan sel di bagian pucuk sehingga tunas yang terbentuk tidak bertambah tinggi. Hasil ini sesuai dengan penelitian pada tanaman *Petunia*, dimana eksplan pucuk *Petunia* terhambat pertumbuhannya karena diiradiasi dengan dosis 8 dan 32 Gy¹⁴⁾. Penghambatan pertumbuhan tunas jahe akibat diiradiasi dengan dosis yang cukup rendah menunjukkan bahwa tunas jahe sangat sensitif terhadap perlakuan iradiasi.

Tabel 4.
Rata-rata Tinggi Tunas Setelah Diiradiasi dengan Sinar Gamma

Varietas Jahe	Perlakuan Sinar Gamma	
	Tanpa Iradiasi ¹⁾	Dengan Iradiasi ²⁾
cm.....	
Sunti	4	Belum dapat diukur
Badak	4	Belum dapat diukur

Keterangan:

- 1) Diamati pada 10 Minggu Setelah Tanam (MST)
- 2) Diamati pada 6 Bulan Setelah Tanam (BST)

Walaupun pertumbuhannya terhambat, jumlah tunas pada perlakuan iradiasi yang hampir sama dengan perlakuan tanpa iradiasi merupakan suatu potensi yang dapat digunakan untuk pengujian lebih lanjut. Pengujian tersebut dapat dilakukan terhadap kemampuan berproduksi dari tunas teriradiasi pada tahap kultur selanjutnya dan secara *in vivo* di lapang.

3.5. Persentase Pembentukan Daun

Kultur yang berhasil bertunas tidak semuanya berhasil membentuk daun yang dapat diamati (Tabel 5). Hanya tunas yang terbentuk pada perlakuan tanpa iradiasi yang berhasil membentuk daun. Sampai akhir pengamatan, kultur yang diiradiasi tidak memperlihatkan perkembangan daun yang sempurna.

Tabel 5.
Persentase Kultur yang Membentuk Tunas

Varietas Jahe	Perlakuan Sinar Gamma	
	Tanpa Iradiasi	Dengan Iradiasi
	%.....	
Sunti	40	0
Badak	40	0

Pengaruh iradiasi pada dosis 7.5 dan 12.5 Gy sangat menghambat pembelahan dan diferensiasi sel tunas jahe. Daun yang terbentuk sangat kecil dan perkembangannya sangat lambat sehingga sulit untuk disebut sebagai daun. Selain itu warnanya pun *vitrous*.

3.6. Bentuk Daun atau Tunas

Semua tunas yang dihasilkan pada perlakuan iradiasi berbentuk tidak normal. Pada perlakuan iradiasi, daun berbentuk keriting dan tunas berbentuk roset sedangkan pada perlakuan tanpa iradiasi, daun dan tunas berbentuk normal. Bentuk roset yang terjadi pada tunas diiradiasi memperlihatkan fenomena yang sama dengan tunas *in vitro* yang dikulturkan dalam media yang mengandung sitokinin tinggi. Kondisi ini diduga karena adanya perubahan keseimbangan hormon sitokinin endogen akibat iradiasi sinar gamma. Pengamatan lebih lanjut perlu dilakukan untuk melihat keragaman yang mungkin terjadi pada tunas-tunas tersebut.

3.7. Persentase Kultur Berakar

Seluruh kultur pada jahe sunti tanpa iradiasi mampu berakar (100%) sedangkan pada jahe badak hanya 75% kultur berakar. Pada perlakuan sengan iradiasi pada dosis 7.5 dan 12.5 Gy tidak ada satu pun kultur yang membentuk akar (Tabel 6).

Tabel 6.
Persentase Kultur yang Membentuk Akar

Varietas Jahe	Perlakuan Sinar Gamma	
	Tanpa Iradiasi	Dengan Iradiasi
	%.....	
Sunti	100	0
Badak	75	0

Kemampuan tunas *in vitro* jahe sunti membentuk akar lebih baik daripada jahe badak. Pemberian iradiasi pada dosis 7.5 dan 12.5 Gy menghambat perkembangan akar. Sedangkan Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian iradiasi lebih dari 10 Gy menghambat pembentukan dan pemanjangan akar²⁷⁾. Terjadinya penghambatan pertumbuhan akar ini diduga akibat adanya gangguan aktivitas auksin

endogen setelah diiradiasi dengan sinar gamma sehingga konsentrasi auksin endogen berkurang dan akar pun tidak terbentuk.

4. KESIMPULAN

Pemberian radiasi sinar gamma pada dosis 10 dan 30 Gy secara langsung pada eksplan rimpang menghambat pertunasan jahe, sehingga eksplan tidak mampu beregenerasi.

Iradiasi jahe varietas Sunti dan Badak dengan sinar gamma sebanyak 7.5 dan 12.5 Gy pada kultur rimpang yang telah bertunas secara *in vitro* mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan tunas, daun dan akar serta membuat warna eksplan menjadi *vitrous*.

Dosis sinar gamma 7.5 dan 12.5 Gy diduga dapat memicu terjadinya mutasi pada tunas jahe badak dan jahe sunti secara *in vitro*.

Pemberian dosis sinar gamma 12.5 Gy pada tunas jahe sunti mampu menghasilkan persentase kultur bertunas yang lebih tinggi daripada perlakuan tanpa iradiasi.

Pada perlakuan sinar gamma 7.5 Gy terdapat kultur jahe sunti dan jahe badak yang menampakkan tunas normal.

Pada perlakuan iradiasi terdapat kultur jahe sunti yang mempunyai kecepatan dan jumlah tunas lebih tinggi dibandingkan dengan seluruh kultur tanpa iradiasi.

Percobaan masih berjalan terus sampai terbentuk tanaman sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Ancora, G. and A. Sonnino. In Vitro Induction of Mutation in Potato. *In* Bajaj (ed). Biotechnology in Agriculture and Forestry 3, Potato. Tokyo. 1987.
- Asiedu, R., N. Tur Kuile, and Mujeeb-Kazi. Diagnostic Marker in Wheat Wide Crosses. *In*: A. Mujeeb-Kazi and L.A. Sitch (eds). Review of Advances in Plant Biotechnology, 1985-1988. 2nd International Symposium of Genetics Manipulation in Crops. CYMMIT, Mexico. 1989. p: 293-299.
- Basiran, M.N. and S. Ariffin.. The Progress and Potentials of Mutation Induction in Vegetatively Propagated Plants in Malaysia. 2003. http://www.fnca.jp/english/fnca/2_totuzenheni/3/2002ws/04/04malaysia/main.html. [April 1, 2003]

- Broertjes, C. and L. Leffring. Mutation Breeding of *Kalanchoe*. Euphytica. 1972. 21:414-412.
- Broertjes, C., S. Roest and G.S. Bokelman. Mutation Breeding of *Chrysanthemum morifolium* Ram. Using *in vivo* and *in vitro* Adventitious Bud Techniques. Euphytica. 1976. 25:11-19.
- Crowder, L.V. Genetika Tumbuhan. Gajah Mada University Press. Diterjemahkan oleh Kusdiarti L. 1990.
- Denton, I.R., R.J. Wescott and B.V. Ford-Lord. Phenotypic Variation of *Solanum tuberosum* L. cv Dr. McIntosh Directly from Shoot-tip Culture. Potato Res. 1977. 20: 131-136
- Djosoebagio, S. Dasar-dasar Radioisotop dan Radiasi dalam Biologi. PAU-IPB. Bogor. 1988.
- Falconer, D.S. Introduction to Quantitative Genetics. Olyver and Boyd. Edinburg. 1970.
- FAO. Agribusiness Databases. 2003. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. [April 1, 2003].
- Ismachin, M. Pemuliaan Tanaman dengan Mutasi Buatan. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. BATAN. Jakarta. Tidak dipublikasikan. 1988.
- Januwati, N. Menenal Jahe dan Perkembangan Teknologi Budidayanya. Disampaikan pada Seminar Sehari Peluang Ekspor Jahe Asal Indonesia Melalui Sistem Agribisnis Bagi Hasil yang Aman. Ditjen Bina Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta. 2002.
- Mayo, O. The Theory of Plant Breeding. Clarendon Press. 1987.
- Pahan, I. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma pada Pucuk *in vitro* terhadap Keragaman *Petunia (Petunia hybrida)*. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. IPB. 1984.
- Pierik, R.L.M. *In vitro* Culture of Higher Plant. Martinus Nijhoff Publ. Dardrecht. 1987. 344 p.
- Rout, G.R., P. Das, S. Goel and S.N. Raina. Determination of Genetic Stability of Micropropagated Plants of Ginger Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. Bot. Bull. Acad. Sin. 1998. (39):23-27.
- Said, E.G. dan G.C. Dewi. Strategi Pengembangan Obat Tradisional di Indonesia. Disampaikan pada Seminar Sehari "Strategi Industri Obat Tradisional". Pusat Studi Biofarmaka Lembaga Penelitian IPB. Bogor. 2003.
- Soedjono, S. Mutasi Imbas terhadap Bibit *Alpinia purpurata*. Jurnal Hortikultura. 1992. 2(4):1-5.
- Surh, Y. 1999. Molecular Mechanisms of Chemopreventive Effects of Selected Dietary and Medicinal Phenolic Substances. Mutat. Res. 428 (1-2): 305-327. <http://cancerresourcecenter.com/articles/alt102.html>. [March 29, 2003].
- Suzuki, D.T., A.J.F. Griffith, J.H. Miller and R.C. Lewontin. An Introduction to Genetic Analysis. W.H. Freeman and Company. New York. 1993. 840p.
- Syam, S. Peluang Ekspor Bisnis Jahe. Disampaikan pada Seminar Sehari Peluang Ekspor Jahe Asal Indonesia Melalui Sistem Agribisnis Bagi Hasil yang Aman. Ditjen Bina Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Departemen Pertanian. 2002.
- Tanksley, S.D. and Bernatsky. Restriction Fragment as Molecular Markers for Germplasm Evaluation and Utilization. *In: Brown, A.M.D., O.H. Frankle, D.R. Marshal and J.T. Williams (eds). The Use of Plant genetics Resources. England 1989. p: 353-362.*
- Wagner, R.P. and K.M. Herscheel.. Genetics and Metabolism. John Wiley and Sons Inc. New York-London-Sidney. 1964. 673 p.
- Wahjoedi, B. Perspektif Penelitian Tanaman Obat di Indonesia. Disampaikan pada Sarasehan Hari Cinta Puspa dan Satwa Nasional. Puslitbang Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor. 2001.
- Waugh, R. RAPD Analysis: Use for Genome Characterization, Tagging Traits and Mapping. *In: Clark M.S. (ed). Plant Molecular Biology – A Laboratory Manual. Springer. New York. 1997. p: 305- 396.*
- Welsh, J.R. Fundamental of Plant Genetics and Breeding. Diterjemahkan: Mogege, J.P. Erlangga. Jakarta. 1991.
- Wulandari, A. Induksi Mutasi Krisan (*Dendranthema grandiflora* T.) Melalui Iradiasi Stek

Pucuk. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas
Pertanian. IPB. 2001.

Yatim, W. Genetika. Tarsito. Bandung. 1991.

Young, B.A. Genetic Variation in a *Panicum
coloratum* L. Population with a Limited
Germplasm Base. *Euphytica* 1994. 75: 71-76.