

Seleksi Silang Tunas Abaka dengan Asam Fusarat atau Filtrat *F. oxysporum* dan Regenerasinya Membentuk Planlet

Deden Sukmadjaja, Ika Mariska, Endang G. Lestari, Mia Kosmiatin, Mesakh Tombe, dan Hobir

Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian

ABSTRAK

Untuk meningkatkan keragaman somaklonal tanaman abaka dilakukan dengan menggunakan mutagen fisik, yaitu radiasi sinar gamma dengan dosis radiasi 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 Krad. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis radiasi maka semakin rendah kemampuan kalus untuk beregenerasi di mana pada dosis 3,0 Krad kalus tidak tahan terhadap radiasi yang di-berikan sehingga tidak mampu beregenerasi. LD₅₀ diperoleh pada kisaran dosis 1,0-1,5 Krad. Untuk mendapatkan nomor harapan baru tanaman abaka yang tahan terhadap penyakit *Fusarium oxysporum* dilakukan seleksi *in vitro* dengan menggunakan komponen seleksi, yaitu toksin murni asam fusarat dengan konsentrasi 1, 15, 30, 45, 60, dan 75 ppm dan filtrat yang diisolasi dari *F. oxysporum* dengan konsentrasi 10, 30, dan 50%. Seleksi dilakukan 2 tahap, di mana tahap kedua konsentrasi komponen seleksi dinaikkan satu tingkat dari seleksi tahap pertama. LD₅₀ seleksi tahap pertama diperoleh dari perlakuan dosis radiasi 1,0 Krad dengan komponen seleksi asam fusarat 15 ppm. Dari seleksi tahap pertama menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis radiasi dan semakin tinggi konsentrasi komponen seleksi maka semakin rendah kemampuan tunas beregenerasi. Jumlah dan tinggi tunas tertinggi dihasilkan dari perlakuan radiasi 1,0 Krad pada 0 ppm diikuti oleh perlakuan radiasi 1,0 Krad dengan komponen seleksi asam fusarat 15 ppm. Hasil yang sama juga diperoleh pada seleksi tahap kedua. LD₅₀ seleksi tahap kedua diperoleh dari perlakuan dosis radiasi 1,5 Krad dengan komponen seleksi asam fusarat 15-30 ppm. Secara umum perlakuan radiasi lebih tahan daripada perlakuan tanpa radiasi. Dengan demikian perlakuan radiasi membuka peluang untuk mendapatkan nomor harapan baru tanaman abaka yang tahan penyakit *F. oxysporum*.

Kata kunci: Abaka, *Fusarium oxysporum*, asam fusarat

ABSTRACT

Gamma-ray irradiation as a mutagen was used to increased somaclonal variation on abaca *in vitro* culture. Abaca calli were exposed to 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 Krad of gamma rays. The experiment results showed that callus growth capacity decreased with increasing dosages of gamma rays irradiation. Callus capacity to regenerate stopped at 3.0 Krad of irradiation dose. The LD₅₀ was found between 1.0-1.5 Krad of irradiation dose. To obtain new clones of resistant abaca to *F. oxysporum*, *in vitro* selection was treated by using two kind selection components with different concentrations: pure toxin of fusaric acid (1, 15, 30, 45, 60, and 75 ppm) and *F. oxysporum* filtrate (10, 30, and 50%). Selection was carried out in two stages. Concentration of selection components in stages II increased one level to concentration in stage I. The LD₅₀ of selection in stage I was found at 1.0 Krad of irradiation dose with 15 ppm of fusaric acid as selection component. At stage I selection showed that a higher irradiation dose and selection components

decreases shoot regeneration capacity. The highest number and height of shoot were observed from the 1.0 Krad of irradiation dose at 0 ppm followed by 1.0 Krad of irradiation dose with 15 ppm of fusaric acid as selection component. The similar results were also found at stage II. The LD₅₀ at stage II selection was resulted from 1.5 Krad irradiation dose with 15-30 ppm at fusaric acid. Generally, the abaca cultures treated by gamma-ray irradiation more resistant to *F. oxysporum* than without irradiation. This indicates that irradiation treatment can be used to produces new resistant abaca clones to *F. oxysporum*.

Key words: Abaca, *Fusarium oxysporum*, fusaric acid

PENDAHULUAN

Abaka merupakan salah satu jenis pisang penghasil serat sebagai produk agribisnis unggulan (Kadin, 1999). Kebutuhan pasar dunia terhadap serat abaka masih tinggi dan tidak dapat dipenuhi oleh negara produsen seperti Filipina dan Equador. Keadaan ini memberikan peluang untuk mengembangkan abaka di Indonesia. Hal ini didukung oleh lahan dan iklim tropis yang sesuai untuk tanaman pisang-pisangan, sehingga abaka merupakan tanaman yang potensial untuk di-kembangkan saat ini. Banyak kalangan swasta yang akan mengembangkan secara luas dan pada masa mendatang kebutuhan bibit diproyeksikan lebih dari 1 juta.

Serat abaka dimanfaatkan untuk tali kapal laut karena kuat, tahan terhadap air asin dan kelembaban tinggi (Haroen, 1999). Pulp abaka sangat baik digunakan untuk bahan baku kertas berkualitas tinggi misalnya kertas saring, kertas dasar stensil, kertas berharga (check, kertas dokumen di bank), kertas uang (dolar Amerika), tissue, kertas teh celup (Wardiyati, 1999), bahan tekstil, kain jok, dan popok bayi (Haroen, 1999).

Dalam pengembangan tanaman abaka permasalahan utama yang dihadapi adalah serangan penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* (Anunciado *et al.*, 1977). Pertanaman abaka yang akan dikembangkan secara besar-besaran yang mencapai ratusan ribu hektar dikhawatirkan dapat menimbulkan masalah pengembangan penyakit yang sangat cepat karena varietas yang ada tidak tahan penyakit layu *Fusarium*.

Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut antara lain penggunaan varietas yang tahan penyakit, namun keragaman genetik pada tanaman abaka relatif rendah terutama sifat ketahanan terhadap penyakit. Salah satu cara untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman adalah melalui variasi somaklonal yang dikombinasikan dengan radiasi sinar gamma yang diharapkan dapat menghasilkan mutan baru sebagai sumber keragaman untuk peningkatan kualitas genetik tanaman.

Penggunaan radiasi sinar gamma yang telah dilakukan untuk meningkatkan keragaman somaklonal tanaman pisang cavendish, yaitu pada dosis 2,5 Krad (Krikorian dan Cronaeur, 1986). Hasil penelitian El-Fikio (1997)

menunjukkan bahwa perlakuan radiasi sinar gamma pada dosis 4 dan 5 Krad dan melalui seleksi *in vitro* terhadap aluminium menghasilkan tanaman kentang yang toleran terhadap salinitas. Imelda *et al.* (1997) melaporkan bahwa radiasi sinar gamma pada dosis 2 Gy dapat menghasilkan beberapa klon pisang Raja Sere yang toleran terhadap Banana Buncy Top Virus (BBTV). Sedangkan hasil penelitian Mathius dan Haris (1999), menunjukkan bahwa dengan radiasi sinar gamma pada dosis 1 Gy dan asam fusarat 0,4 mM dihasilkan beberapa lini pisang nangka yang toleran terhadap asam fusarat.

Untuk meningkatkan sifat ketahanan tanaman abaka terhadap penyakit layu Fusarium dilakukan seleksi *in vitro* pada stadium sel, kalus atau jaringan yang di-kulturkan pada media yang mengandung toksin murni asam fusarat atau filtrat yang diisolasi dari patogen sebagai komponen seleksi (Arceoni *et al.*, 1987; Latunde-Dada dan Lucas, 1988). Menurut Arai dan Takeuchi (1993), toksin murni asam fusarat dan filtrat Fusarium dapat digunakan sebagai komponen seleksi karena adanya korelasi antara ketahanan terhadap toksin dengan ketahanan terhadap penyakit. Melalui metode ini telah banyak dilakukan penelitian dan telah berhasil mendapatkan sifat ketahanan terhadap penyakit Fusarium seperti pada pisang (Morpurgo *et al.*, 1994; Matsumoto *et al.*, 1995), gandum (Ahmed *et al.*, 1996) dan carnation (Arai dan Takeuchi, 1993).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode seleksi yang tepat dan nomor harapan baru tanaman abaka yang tahan penyakit layu Fusarium melalui variasi somaklonal dengan radiasi sinar gamma.

BAHAN DAN METODE

Induksi Mutasi dengan Radiasi Sinar Gamma

Eksplan berupa kalus abaka diradiasi dengan sinar gamma yang bersumber dari Co 60 pada dosis 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 3,0 Krad. Kemudian diregenerasikan pada media MS yang diperkaya dengan BA 5 mg/l + thidiazuron 0,4 mg/l + ascorbic acid 100 g/l selama 2 bulan. Tunas adventif yang terbentuk diseleksi dalam media yang mengandung komponen seleksi, yaitu asam fusarat dan filtrat.

Seleksi Tunas untuk Ketahanan terhadap Asam Fusarat dan Filtrat *F. oxysporum*

Seleksi dilakukan dalam 2 tahap yang berurutan. Seleksi tahap pertama dilakukan dengan menggunakan tunas adventif hasil radiasi pada media yang mengandung komponen seleksi toksin murni asam fusarat pada beberapa taraf konsentrasi, yaitu 0, 15, 30, 45, 60, dan 75 ppm atau filtrat *F. oxysporum* dengan konsentrasi 10, 30, dan 50% selama 2 bulan. Tunas yang tumbuh kemudian dipindahkan ke media yang bebas filtrat atau toksin untuk proses pemulihan dan multiplikasi. Seleksi tahap kedua dilakukan pada media yang

mengandung komponen seleksi dengan konsentrasi yang ditingkatkan satu tingkat dari seleksi pertama. Tunas yang hidup pada seleksi tahap kedua dipindahkan ke media regenerasi. Dari seleksi tahap kedua tunas yang terbentuk diseleksi silang dengan filtrat atau asam fusarat. Rancangan yang digunakan adalah faktorial dengan rancangan dasar acak lengkap.

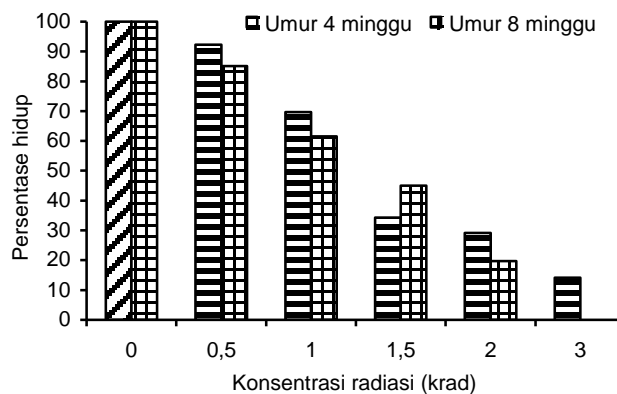
Parameter yang diamati adalah persentase hidup kalus dari perlakuan radiasi, persentase hidup tunas pada setiap tahapan seleksi, jumlah dan tinggi tunas, penampakan secara visual, dan nilai LD₅₀.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan Radiasi

Pertumbuhan kalus hasil radiasi pada umumnya terhambat. Dari Gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan semakin rendah kemampuan kalus untuk hidup. LD₅₀ diperoleh pada kisaran dosis 1,0-1,5 Krad. Pada dosis radiasi 3,0 Krad minggu ke-8 kalus tidak tahan terhadap radiasi sehingga tidak mampu beregenerasi. Parameter pertumbuhan untuk jumlah dan tinggi tunas dapat disajikan pada Tabel 1, semakin tinggi dosis radiasi semakin rendah kemampuan kalus untuk beregenerasi membentuk tunas adventif.

Menurut Djojosoebagio (1988) dan Larkin dan Scowcroft (1981), radiasi pada jaringan dapat menyebabkan perubahan pada jumlah dan struktur kromosom. Dari perubahan yang terjadi diharapkan terdapat individu yang berubah ke arah yang diinginkan terutama sifat ketahanan terhadap penyakit. Tunas yang diperoleh dari perlakuan radiasi digunakan untuk seleksi *in vitro* ketahanan terhadap penyakit *F. oxysporum* dengan menggunakan toksin murni asam fusarat dan filtrat yang diisolasi dari *F. oxysporum*.

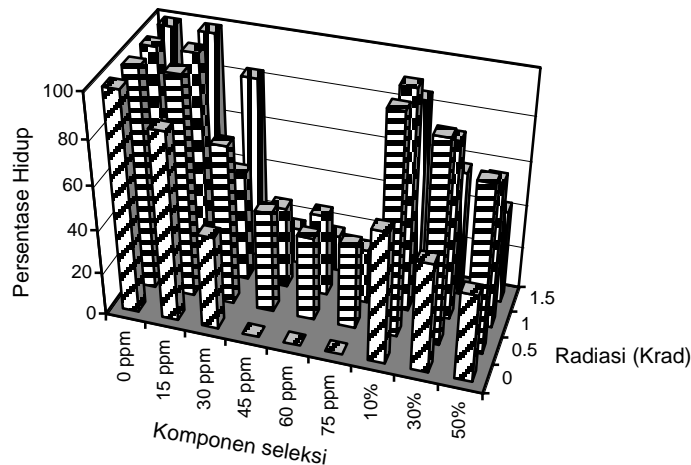


Gambar 1. Pengaruh radiasi sinar gamma terhadap persentase hidup kalus pada umur 4 dan 8 minggu

Tabel 1. Pengaruh radiasi sinar gamma terhadap jumlah dan tinggi tunas

Dosis radiasi (krad)	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)	
	Minggu ke-			
	4	8	4	8
0,0	1,98 ^a	3,51 ^a	1,05 ^a	2,26 ^a
0,5	1,98 ^a	2,85 ^{ab}	0,81 ^a	1,72 ^{ab}
1,1	1,73 ^a	2,18 ^{bc}	0,74 ^a	1,26 ^{bc}
1,5	0,54 ^b	1,41 ^c	0,21 ^b	0,81 ^c
2,0	0,38 ^b	0,15 ^d	0,17 ^b	0,11 ^d
3,0	0,22 ^b	0,00 ^d	0,05 ^b	0,00 ^d

Angka-angka dalam satu lajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut uji Duncan



Gambar 2. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi (asam fusarat dan filtrat) terhadap persentase pertumbuhan biakan umur 8 minggu pada seleksi tahap pertama

Peningkatan Ketahanan terhadap Penyakit Layu melalui Metode Seleksi *In Vitro*

Seleksi tahap pertama menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis radiasi dan semakin tinggi konsentrasi komponen seleksi maka semakin rendah tunas yang tahan (Gambar 2). LD_{50} diperoleh dari perlakuan dosis radiasi 1,0 Krad dengan komponen seleksi asam fusarat konsentrasi 30 ppm pada minggu ke-8. Tunas yang mati pada awalnya menunjukkan gejala busuk pada pangkal batang kemudian menjalar ke bagian atas dan berwarna coklat kehitaman.

Pada seleksi tahap pertama terjadi interaksi yang nyata antara dosis radiasi dengan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada

minggu ke-4 dan 8. Dari Tabel 2 terlihat bahwa pada perlakuan dosis radiasi 0,0 Krad komponen seleksi tidak berpengaruh terhadap jumlah tunas pada minggu ke-8, sedangkan tunas tertinggi diperoleh dari komponen seleksi asam fusarat 15 ppm. Pada minggu ke-8 tidak diperoleh tunas dari komponen seleksi asam fusarat 45, 60, dan 75 ppm. Hal ini disebabkan asam fusarat merupakan komponen organik yang ber-sifat toksin yang dapat menghambat oksidasi sitokrom, menghambat proses respi-rasi pada mitokondria, menurunkan ATP pada plasma membran dan mereduksi aktivitas polifenol oksidase sehingga menghambat pertumbuhan dan regenerasi dari biakan. Pada dosis radiasi 0,5 Krad jumlah tunas tertinggi diperoleh dari perlakuan filtrat 10% demikian juga untuk tinggi tunas. Sedangkan untuk dosis radiasi 1,0 dan 1,5 Krad jumlah dan tinggi tunas tertinggi diperoleh dari perlakuan kontrol.

Secara umum, perlakuan komponen seleksi menggunakan filtrat menghasilkan tunas lebih banyak dan lebih tinggi daripada perlakuan asam fusarat. Menurut Van den Bulk (1991), penggunaan filtrat sebagai komponen

Tabel 2. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada seleksi tahap pertama

Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)			
		Minggu ke-					
		4	8	4	8		
0	Asam fusarat (ppm)	0	1,06 ^a	1,25 ^a	0,86 ^a	1,27 ^{ab}	
		15	0,86 ^{abc}	0,86 ^a	0,56 ^{ab}	1,46 ^a	
		30	0,71 ^{abc}	0,86 ^a	0,20 ^{bc}	0,50 ^{ab}	
		45	0,29 ^{abc}	0,00 ^a	0,11 ^{bc}	0,00 ^b	
		60	0,14 ^{bc}	0,00 ^a	0,06 ^{bc}	0,00 ^b	
		75	0,00 ^c	0,00 ^a	0,00 ^c	0,00 ^b	
	Filtrat (%)	10	1,00 ^{ab}	1,70 ^a	0,46 ^{abc}	1,32 ^{ab}	
		30	0,00 ^c	0,60 ^a	0,00 ^c	0,34 ^{ab}	
		50	0,00 ^c	0,90 ^a	0,00 ^c	0,47 ^{ab}	
	0,5	Asam fusarat (ppm)	0	1,85 ^b	3,77 ^a	0,75 ^b	2,20 ^{ab}
			15	1,46 ^{bcd}	3,10 ^{ab}	0,48 ^{bc}	1,64 ^{bc}
			30	1,00 ^{cde}	1,55 ^{cde}	0,35 ^{bc}	1,08 ^{cde}
			45	0,85 ^{de}	0,77 ^{de}	0,28 ^c	0,33 ^{de}
			60	0,62 ^e	0,69 ^e	0,18 ^c	0,27 ^{de}
			75	0,46 ^e	0,46 ^e	0,13 ^c	0,16 ^e
Filtrat (%)		10	3,00 ^a	4,31 ^a	1,45 ^a	2,93 ^a	
		30	1,38 ^{bcd}	2,15 ^{bcd}	0,41 ^{bc}	0,92 ^{cde}	
		50	1,69 ^{bc}	2,38 ^{bc}	0,52 ^{bc}	1,30 ^{bcd}	
1		Asam fusarat (ppm)	0	2,14 ^a	8,00 ^a	0,61 ^{abc}	3,30 ^a
			15	1,71 ^{ab}	5,12 ^b	0,46 ^{abc}	2,61 ^a
			30	0,75 ^c	1,75 ^{def}	0,26 ^{abc}	0,51 ^b
			45	0,63 ^c	0,88 ^{ef}	0,22 ^{bc}	0,34 ^b
			60	0,75 ^c	0,50 ^f	0,15 ^{bc}	0,20 ^b
			75	0,38 ^c	0,38 ^f	0,09 ^c	0,09 ^b
	Filtrat (%)	10	1,69 ^{ab}	4,15 ^{bc}	0,75 ^a	2,76 ^a	
		30	1,67 ^{ab}	3,07 ^{cd}	0,63 ^{ab}	2,74 ^a	
		50	0,87 ^{bc}	2,33 ^{de}	0,23 ^{bc}	1,25 ^b	
	1,5	Asam fusarat (ppm)	0	1,29 ^{ab}	3,00 ^a	0,30 ^{ab}	1,34 ^a
			15	0,83 ^{bc}	2,00 ^{abc}	0,12 ^b	0,97 ^a
			30	0,83 ^{bc}	1,83 ^{abc}	0,10 ^b	0,75 ^a
			45	0,50 ^{bc}	0,17 ^c	0,05 ^b	0,08 ^a
			60	0,33 ^{bc}	0,17 ^c	0,03 ^b	0,02 ^a
			75	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^b	0,00 ^a
Filtrat (%)		10	2,14 ^a	2,57 ^{ab}	0,84 ^a	1,46 ^a	
		30	1,00 ^{bc}	1,86 ^{abc}	0,21 ^b	0,69 ^a	
		50	0,43 ^{bc}	0,86 ^{bc}	0,04 ^b	0,50 ^a	

Angka-angka dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut uji Duncan

seleksi dapat mempercepat pertumbuhan sel atau jaringan disebabkan adanya senyawa metabolit lain yang dihasilkan patogen, yaitu komponen organik yang menyerupai auksin.

Tunas yang diperoleh dari seleksi tahap pertama disubkultur pada media baru untuk proses pemulihan diri sebelum memasuki seleksi tahap kedua. Hal ini dilakukan untuk menghindari penurunan kemampuan regenerasi dan perubahan DNA karena diinkubasi pada media yang mengandung toksin. Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil radiasi menunjukkan kemampuan pertumbuhan tunas yang tinggi. Pada regenerasi tahap pertama dari perlakuan yang diberikan sebelumnya ternyata tidak terjadi interaksi antara dosis radiasi dengan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada minggu ke-4, tetapi setelah delapan minggu subkultur terjadi interaksi yang sangat nyata antara dosis radiasi dengan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas. Seleksi secara bertahap dilakukan untuk deteksi dini dan penyaringan konsistensi sifat genetik yang diperoleh.

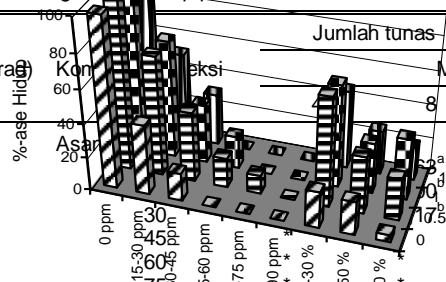
Pada seleksi tahap kedua, dengan ditingkatkannya konsentrasi komponen seleksi dari tahap pertama semakin rendah kemampuan biakan untuk hidup (Gambar 3). LD₅₀ diperoleh dari perlakuan radiasi 1,5 Krad dengan komponen seleksi asam fusarat 15 ppm pada minggu ke-8.

Pada seleksi tahap kedua terjadi interaksi yang sangat nyata antara dosis radiasi dengan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada minggu ke-4 dan 8. Dari Tabel 4 terlihat bahwa semua perlakuan dosis radiasi, jumlah dan tinggi tunas tertinggi diperoleh dari kontrol di mana dosis radiasi 1,0 Krad menghasilkan jumlah dan tunas tertinggi, sedangkan untuk perlakuan komponen seleksi jumlah dan tunas tertinggi diperoleh dari asam fusarat 15-30 ppm pada dosis radiasi 1,0 Krad. Pada dosis radiasi 0,5 dan 1,0 Krad dengan ditingkatkannya konsentrasi komponen seleksi asam fusarat 75-90 ppm tidak ada biakan yang mampu beregenerasi demikian juga untuk dosis radiasi 1 Krad pada komponen seleksi asam fusarat 60-75 ppm.

Pada regenerasi tahap kedua terjadi interaksi yang sangat nyata antara dosis radiasi dengan komponen seleksi akibat perlakuan sebelumnya terhadap jumlah dan tinggi tunas pada minggu ke-4 dan jumlah tunas pada minggu ke-8, sedangkan untuk tinggi tunas pada minggu ke-8 tidak terjadi interaksi. Hasil pemulihan tahap kedua memperlihatkan bahwa radiasi dapat meningkatkan kemampuan pembentukan tunas yang dihasilkan dari perlakuan dosis radiasi 1 Krad dalam media seleksi asam fusarat 30-45 ppm (Tabel 5). Secara visual terlihat adanya bentukan baru akibat perlakuan radiasi. Pada dosis radiasi 0,5 Krad menghasilkan tunas dengan bentuk daun membulat yang berukuran lebih kecil dari kontrol. Sedangkan pada dosis radiasi 1 Krad menghasilkan tunas yang lebih gemuk dengan daun berwarna hijau tua dan lebih lebar dari kontrol. Untuk dosis radiasi 1,5 Krad menghasilkan tunas yang pendek, gemuk dengan daun membulat sampai lebar.

Peningkatan kemampuan pembentukan tunas dan terbentuknya bentuk baru akibat radiasi diduga telah terjadi perubahan aktivitas metabolisme yang disebabkan terjadinya perubahan komposisi basa dalam untai DNA akibat adanya ion radikal yang masuk ke dalam jaringan yang dapat menyebabkan perubahan susunan asam amino pada protein tertentu sehingga terjadi perubahan aktivitas enzim sesuai dengan protein yang terbentuk.

Tabel 3. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada regenerasi tahap pertama



Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)			
		8	15	4	8		
0	Asam fusarat (ppm)	0	0	0,88 ^a	4,22 ^a		
	15	1,50 ^a	1,83 ^b	0,93 ^a	3,62 ^a		
	30	1,00 ^a	2,00 ^b	0,23 ^a	0,82 ^b		
	45	1,17 ^a	2,50 ^b	*	*		
	60			*	*		
	75			*	*		
	Filtrat (%)	10	1,50 ^a	1,83 ^b	0,49 ^a	0,91 ^b	
	30	1,00 ^a	2,00 ^b	0,45 ^a	1,25 ^b		
	50	1,17 ^a	2,50 ^b	0,32 ^a	1,06 ^b		
	0,5	Asam fusarat (ppm)	0	1,96 ^{ab}	3,42 ^a	0,99 ^{ab}	2,25 ^{abc}
		15	1,74 ^{abc}	3,19 ^{ab}	0,70 ^{abc}	2,10 ^{abc}	
		30	1,60 ^{abc}	3,93 ^a	0,51 ^{bc}	3,07 ^{ab}	
45		1,20 ^{bc}	3,40 ^a	0,32 ^c	1,84 ^{abc}		
60		1,00 ^{cd}	1,80 ^{bc}	0,26 ^c	0,96 ^c		
75		0,38 ^d	0,75 ^c	0,15 ^c	0,77 ^c		
Filtrat (%)		10	2,00 ^a	4,44 ^a	1,22 ^a	3,22 ^a	
30		1,60 ^{abc}	3,00 ^{ab}	0,63 ^{abc}	1,62 ^{bc}		
50		1,10 ^{cd}	1,75 ^{bc}	0,36 ^{bc}	0,97 ^c		
1		Asam fusarat (ppm)	0	2,18 ^{abc}	3,96 ^b	0,82 ^{bc}	1,84 ^{bc}
		15	2,58 ^a	5,11 ^a	1,06 ^{ab}	2,86 ^a	
		30	1,56 ^{cde}	3,17 ^{bc}	0,63 ^{bcd}	2,36 ^{abc}	
	45	2,29 ^{ab}	3,86 ^b	0,74 ^{bc}	2,11 ^{abc}		
	60	1,25 ^{de}	2,25 ^c	0,15 ^d	0,88 ^d		
	75	1,00 ^e	2,67 ^c	0,33 ^{cd}	1,57 ^{cd}		
	Filtrat (%)	10	2,38 ^{ab}	3,12 ^{bc}	1,46 ^a	2,43 ^{ab}	
	30	1,75 ^{bcd}	2,18 ^c	0,90 ^{bc}	1,74 ^{bc}		
	50	1,52 ^{cde}	2,12 ^c	0,64 ^{bcd}	1,61 ^{cd}		
	1,5	Asam fusarat (ppm)	0	2,00 ^a	3,55 ^a	1,03 ^a	2,76 ^a
		15	1,73 ^a	2,64 ^{ab}	0,78 ^{ab}	1,57 ^b	
		30	0,36 ^c	1,27 ^b	0,16 ^c	0,82 ^b	
45		*	*	*	*		
60		*	*	*	*		
75		*	*	*	*		
Filtrat (%)		10	1,25 ^{ab}	2,33 ^{ab}	0,41 ^{bc}	1,09 ^b	
30		0,93 ^{bc}	1,57 ^b	0,39 ^{bc}	0,84 ^b		
50		0,67 ^{bc}	1,67 ^b	0,13 ^c	0,53 ^b		

Angka-angka dalam satu lajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut uji Duncan, * tidak ada eksplan yang hidup dari seleksi tahap pertama

Sampai akhir tahun anggaran 2001, percobaan masih berlangsung untuk mengetahui hasil seleksi silang di mana tunas yang terbentuk dari seleksi tahap kedua yang berasal dari filtrat dipindahkan ke asam fusarat dan sebaliknya.

Gambar 3. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi (asam fusarat dan filtrat) terhadap persentase pertumbuhan biakan umur 8 minggu pada seleksi tahap kedua

Tabel 4. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada seleksi tahap kedua

Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)	
		Minggu ke-			
		4	8	4	8
0	Asam fusarat (ppm)				
	0-0	1,64 ^a	3,04 ^a	0,47 ^a	1,49 ^a
	15-30	0,67 ^{bc}	1,08 ^{bc}	0,22 ^{ab}	0,57 ^{ab}
	30-45	0,17 ^c	0,17 ^c	0,02 ^b	0,02 ^b
	45-60	*	*	*	*
	60-75	*	*	*	*
	75-90	*	*	*	*
	Filtrat (%)				
	10-30	0,74 ^b	1,35 ^b	0,25 ^{ab}	0,82 ^{ab}
	30-50	0,40 ^{bc}	1,00 ^{bc}	0,09 ^b	0,54 ^{ab}
5070	0,26 ^{bc}	0,43 ^{bc}	0,06 ^b	0,73 ^{ab}	
0,5	Asam fusarat (ppm)				
	0-0	1,97 ^a	2,74 ^a	1,19 ^a	2,00 ^a
	15-30	1,00 ^{bc}	1,85 ^b	0,31 ^c	1,23 ^b
	30-45	0,89 ^{cd}	0,77 ^c	0,12 ^{cd}	0,62 ^{bcd}
	45-60	0,18 ^e	0,24 ^{cd}	0,03 ^d	0,11 ^d
	60-75	0,22 ^e	0,11 ^d	0,03 ^d	0,03 ^d
	75-90	0,00 ^e	0,00 ^d	0,00 ^d	0,00 ^d
	Filtrat (%)				
	10-30	1,19 ^b	1,37 ^b	0,56 ^b	0,90 ^{bc}
	30-50	0,72 ^{cd}	0,59 ^{cd}	0,15 ^{cd}	0,35 ^{cd}
50-70	0,67 ^d	0,39 ^{cd}	0,13 ^{cd}	0,24 ^{cd}	

Tabel 4. Lanjutan

Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas	Tinggi tunas (cm)
----------------------	------------------	--------------	-------------------

		Minggu ke-			
		4	8	4	8
1	Asam fusararat (ppm)				
	0-0	1,67 ^a	3,50 ^a	0,61 ^{ab}	2,82 ^a
	15-30	1,17 ^b	2,79 ^b	0,38 ^b	2,03 ^b
	30-45	0,66 ^c	1,17 ^c	0,09 ^c	1,30 ^c
	45-60	0,27 ^d	0,42 ^{de}	0,05 ^c	0,14 ^d
	60-75	0,00 ^e	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^d
	75-90	0,00 ^e	0,00 ^e	0,00 ^c	0,00 ^d
Filtrat (%)	10-30	0,86 ^c	0,86 ^{cd}	0,20 ^{bc}	0,57 ^d
	30-50	0,65 ^c	0,36 ^{de}	0,08 ^c	0,19 ^d
	50-70	0,62 ^c	0,44 ^{de}	0,06 ^c	0,24 ^d
1,5	Asam fusararat (ppm)				
	0-0	1,88 ^a	3,12 ^a	1,12 ^a	2,44 ^a
	15-30	0,69 ^b	0,90 ^b	0,13 ^b	0,48 ^b
	30-45	0,23 ^b	0,23 ^b	0,05 ^b	0,10 ^b
	45-60	*	*	*	*
	60-75	*	*	*	*
	75-90	*	*	*	*
Filtrat (%)	10-30	0,53 ^b	1,00 ^b	0,10 ^b	0,58 ^b
	3050	0,43 ^b	0,39 ^b	0,09 ^b	0,21 ^b
	50-50	0,30 ^b	0,20 ^b	0,03 ^b	0,02 ^b

Angka-angka dalam satu lajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut uji Duncan, * tidak ada eksplan yang hidup dari seleksi tahap kedua

Tabel 5. Pengaruh radiasi sinar gamma dan komponen seleksi terhadap jumlah dan tinggi tunas pada regenerasi tahap kedua

Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)	
		Minggu ke-			
		4	8	4	8
0	Asam fusararat (ppm)				
	0	1,55 ^c	3,73 ^b	0,52 ^a	1,81 ^{bc}
	15	1,33 ^c	2,36 ^c	0,58 ^a	1,31 ^c
	30	0,00 ^d	0,10 ^d	0,00 ^b	0,04 ^d
	45	*	*	*	*
	60	*	*	*	*
	75	*	*	*	*
Filtrat (%)	10	2,04 ^{bc}	4,41 ^b	1,03 ^a	3,40 ^a
	30	2,50 ^a	4,50 ^b	0,94 ^a	2,62 ^{ab}
	50	2,13 ^b	5,38 ^a	0,75 ^a	3,24 ^a
0,5	Asam fusararat (ppm)				
	0	1,82 ^a	2,00 ^a	1,22 ^b	1,77 ^{bc}
	15	1,61 ^a	1,79 ^{ab}	1,23 ^b	1,98 ^b
	30	1,69 ^a	1,89 ^{ab}	1,89 ^a	3,00 ^a
	45	1,60 ^c	0,60 ^c	0,22 ^{cd}	0,48 ^d
	60	0,20 ^d	0,20 ^c	0,06 ^d	1,73 ^{bc}
	75	*	*	*	*

Tabel 5. Lanjutan

Dosis radiasi (Krad)	Komponen seleksi	Jumlah tunas		Tinggi tunas (cm)	
		Minggu ke-			
		4	8	4	8
1	Filtrat (%)				
	10	1,20 ^b	1,32 ^b	0,46 ^c	0,90 ^{cd}
	30	1,25 ^b	1,63 ^{ab}	0,57 ^c	0,52 ^{bc}
	50	1,00 ^b	1,38 ^{ab}	0,41 ^{cd}	1,44 ^{bc}
	Asam fusararat (ppm)				
	0	1,59 ^a	3,82 ^a	1,47 ^c	4,20 ^b
	15	1,06 ^c	3,56 ^a	0,97 ^d	3,64 ^{bc}
	30	1,38 ^b	3,89 ^a	1,77 ^b	5,50 ^a
	45	1,00 ^c	2,33 ^b	0,78 ^d	2,57 ^d
	60	*	*	*	*
	75	*	*	*	*
	Filtrat (%)				
	10	1,47 ^{ab}	1,84 ^c	1,67 ^{bc}	2,21 ^d
	30	1,07 ^c	1,18 ^d	1,78 ^b	2,54 ^d
50	1,37 ^b	2,11 ^{bc}	2,09 ^a	3,23 ^c	
Asam fusararat (ppm)					
0	1,19 ^a	1,58 ^a	0,57 ^a	1,11 ^a	
15	0,87 ^a	1,27 ^{ab}	0,43 ^a	0,79 ^a	
30	*	*	*	*	
45	*	*	*	*	
60	*	*	*	*	
75	*	*	*	*	
Filtrat (%)					
10	1,20 ^a	1,47 ^a	0,65 ^a	0,95 ^a	
30	1,00 ^a	1,20 ^{ab}	0,41 ^a	0,78 ^a	
50	0,00 ^b	0,20 ^b	0,00 ^a	0,02 ^a	

Angka-angka dalam satu lajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf nyata 5% menurut uji Duncan, * tidak ada eksplan yang hidup dari seleksi tahap kedua

KESIMPULAN

1. Peningkatan dosis radiasi dapat menyebabkan penurunan daya tahan dan regenerasi kalus abaka.
2. Semakin tinggi konsentrasi komponen seleksi semakin rendah daya tahan dan regenerasi dari tunas abaka pada setiap tahap seleksi.
3. Dalam media pemulihan, perlakuan dosis radiasi 1 Krad yang diseleksi dalam media seleksi asam fusararat 30 ppm menghasilkan tunas terbanyak dan tertinggi.
4. Dari perlakuan radiasi umumnya tunas lebih tahan dalam media seleksi dari pada kontrol dengan demikian perlakuan radiasi membuka peluang yang lebih besar untuk mendapatkan individu yang tahan terhadap penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K.Z., T.A. Mesterhazy, Bartok, and F. Sagi. 1996.** *In vitro* technique for selecting wheat (*Triticum aestivum* L.) for Fusarium-resistance II culture filtrate technique and inheritance of Fusarium resistance in the somaclones. *Euphytica* 91:341-349.
- Anunciado, I.S., L.O. Balmes, P.Y. Bawagun, D.A. Benigno, and N.D. Bondad. 1977.** Primer on abaca production and culture. The Phillipines Recommends for Abaca. Quezon City.
- Arai, A. and M. Takeuchi. 1993.** Influence of Fusarium wilt toxin(s) on carnation cells. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture* 34:287-293.
- Arceoni, S., M. Pezzotti, and F. Damiani. 1987.** *In vitro* selection of alfalfa plants resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. medicaginis. *Theor. Appl. Genet.* 74:700-705.
- Djojosoebagio, S. 1988.** Dasar-dasar radio isotop dan radiasi dalam biologi. PAU. IPB Bogor.
- El-Fikio, A.A. 1997.** Induction of genetic variability by using gamma radiation and selection for salt tolerance *in vitro* in potato (*Solanum tuberosum*). *J. Genet. and Breed.* 51:309-312.
- Haroen, W.K. 1999.** Komoditi ekspor dan manfaat serat pisang abaka (*Musa textilis* Nee). PT. Meta Abaka Indonesia. Bandung.
- Imelda, M., P. Deswita, and Hendratno. 1997.** Development of banana cv Raja Sere resistant to Bunchy Top Virus through gamma irradiation. *Proc. of the Indonesian Biotech. Conf. 1997.* Jakarta, Indonesia, June 17-19. p. 455-461.
- Kadin, 1999.** Peluang dan potensi serat abaka sebagai komoditi ekspor prospektif dan pemberdayaan ekonomi rakyat. KADIN dan Yayasan Adi Budidaya Agro dan Konservasi Alam. 15 September. Jakarta.
- Krikorian, A.D. and S.S. Cronaaur. 1986.** Tropical and subtropical fruit: Banana. *In* Sharp, W.R., D.A. Evans, P.V. Ammirato, and Y. Yamada (Eds.). *Handbook of Plant Cell Culture. Crop Species* 2:327-348.
- Larkin, P.J. and W.R. Scowcroft. 1981.** Somaclonal variation annovel source of variability from cell culture for plant improvement. *Theor. Appl. Genet.* 60:197-214.
- Latunde-Dada, A.O. and Lucas. 1988.** Somaclonal variation and resistance to verticilium wilt in lucerne, *Medicago sativa* L. Plant regenerated from callus. *Plant Sci.* 58:118-119.

- Mathius, N.T. and N. Haris. 1999.** Induction of genetic variation of banana cv Nangka by gamma Co-60 irradiation and fusaric acids. *Menara Perkebunan* 67(1):13-22.
- Matsumoto, K., M.L. Barbosa, L.A.C. Souza, and J.B. Teixeira. 1995.** Race 1 Fusarium wilt tolerance on banana plants selected by fusaric acid. *Euphytica* 84:67-71.
- Morpurgo, R., S.V. Lopato, R. Afza, and F.J. Novak. 1994.** Selection parameters for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 1 and race 4 on diploid banana (*Musa acuminata* Colla). *Euphytica* 75:121-129.
- Van den Bulk, R.W. 1991.** Application of cell and tissue culture and *in vitro* selection for disease resistance breeding-a review. *Euphytica* 56:269-285.
- Wardiyati, T. 1999.** Abaca (*Musa textilis* Nee). PT. Nandinusa Abaca Mera. Jakarta.