

**PERAKITAN KULTIVAR UNGGUL JAGUNG TOLERAN KEMASAMAN  
DARI MUTAN RADIASI SINAR GAMA DAN VARIAN SOMAKLON**  
(Development of Superior and Acid Tolerance Maize Cultivar Selected from  
Gamma Irradiation Mutant and Somaclon Variant)

**Sujono H. Sutjahjo<sup>1)</sup>, Dewi Sukma<sup>1)</sup>, Rustikawati<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian UNIB

**ABSTRAK**

Produksi jagung nasional hingga saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang cukup besar. Dalam rangka mencapai swa sembara jagung di masa mendatang, maka upaya-upaya peningkatan produktivitas dan pemanfaatan lahan-lahan marginal perlu terus digalakkan. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk merakit kultivar jagung unggul berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap kemasaman. Pada tahun pertama kegiatan penelitian diarahkan untuk menginduksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma dan varian somaklon sehingga meningkatkan keragaman genetik plasma nutfah. Hasil yang diperoleh berupa benih M2 hasil mutasi sinar gamma 275 Gy yang memiliki keragaman lebih tinggi dari tetua asalnya dan publikasi ilmiah pada jurnal terakreditasi. Pada tahun kedua, kegiatan penelitian difokuskan pada seleksi *in vitro* dan pembentukan populasi generasi ke-2 mutan hasil radiasi biji, seleksi lapang mutan generasi ke 2 ke arah ketenggangan terhadap kemasaman tanah di Tanah Masam, dan seleksi lapang mutan generasi ke 3. Hasil yang diperoleh adalah tanaman mutan M3 dan publikasi ilmiah tentang seleksi *in vitro* jagung. Pada tahun ketiga dilanjutkan seleksi untuk memperoleh mutan generasi M4, identifikasi mutan secara morfologi dan molekuler, persilangan mutan dengan metode silang dialel dan uji daya gabung tetua hibrida. Pada akhir penelitian diperoleh pasangan hibrida G3 X G8 dan G8 X G1 yang menunjukkan kemampuan vigor yang baik pada tanah masam Podsolok Merah Kuning Jasinga dan Leuwikopo.

Kata kunci : Jagung, mutasi, toleran masam.

**ABSTRACT**

Until recently, national production of maize has yet to fulfill the domestic needs so that Indonesia has to import a large number of maize annually. In order to be a self producing country in the future, crop productivity has to be increased and utilization of marginal land has to be promoted. The objective of the research was to develop superior and acid tolerance maize cultivars. In the year I, the research was aimed at mutation induction through gamma irradiation and somaclon variant to increase genetic variance of germplasm. The result was M2 generation seeds of 275 Gy gamma irradiation mutant which had higher variance than the parent population and an article published on an accredited journal. In the year II, the research was focused on *in vitro* selection and field selection on the second generation mutants toward acid tolerance in an acidic soil, and development and acidic soil field selection of 3<sup>rd</sup> generation mutant. The result was the M3 acid tolerant generation and an article published on an accredited journal about *in vitro* selection. In the year III, the research was intended to develop M4 generation mutants, to do morphological and molecular identification, to develop hybrids through diallel cross and analyze their combining ability. The result showed that hybrid cross of

G3 X G8 dan G8 X G1 were the most vigorous hybrid in an acidic soil of Red Yellow Podsollic of Jasinga and Leuwikpo.

Keywords: Mutation, maize, acidic tolerance.

## **PENDAHULUAN**

Jagung merupakan salah satu komoditas strategis yang ekonomis dan berpeluang untuk dikembangkan menjadi bahan baku produksi lain. Jagung juga termasuk sumber utama karbohidrat dan protein, setelah beras. Jagung juga merupakan salah satu bahan baku industri pakan ternak yang paling banyak dibutuhkan akhir-akhir ini. Pada tahun-tahun mendatang kebutuhan akan jagung terus meningkat sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan pakan ternak.

Perkembangan produksi jagung di Indonesia selama lima tahun terakhir juga mengalami peningkatan cukup berarti. Produksi jagung tahun 2004 sebesar 11,23 juta ton pipilan kering atau naik sebesar 3,11 persen dibandingkan dengan produksi jagung tahun 2003. Produksi jagung tahun 2005 sebesar 11,74 juta ton pipilan kering atau naik sebesar 4,56 persen dibandingkan produksi tahun 2004 (BPS, 2005). Kenaikan produksi jagung terutama disebabkan oleh kenaikan produktivitas dengan adanya perubahan varitas yang ditanam petani dari varitas lokal ke varitas komposit atau hibrida. Namun demikian, peningkatan produksi jagung yang telah dicapai masih belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga hingga saat ini Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang cukup besar.

Disamping kenaikan produktivitas, peningkatan produksi juga dapat dilakukan dengan perluasan areal tanam. Pada tahun 2005 luas areal yang ditanami jagung seluas sekitar 3,2 juta hektar. Dengan luas lahan kering yang cukup besar, maka sebenarnya Indonesia berpotensi sebagai negara produsen jagung dunia. Oleh karena itu, gerakan nasional peningkatan produksi jagung yang digelar pemerintah perlu didukung semua pihak. Indonesia segera keluar dari ketergantungan impor jagung, dan berbalik menjadi negara pengeksport jagung dunia.

Dalam rangka mencapai swa sembada jagung di masa mendatang, maka upaya-upaya peningkatan produktivitas dan pemanfaatan lahan-lahan marginal

perlu terus digalakkan. Perlu terobosan untuk menciptakan hibrida baru yang berasal dari plasma nutfah yang ada sehingga petani tidak perlu mengeluarkan biaya tinggi untuk membeli benih impor. Dalam hal perluasan areal pada lahan marginal, masalah umum yang dijumpai antara lain adalah tanah yang bereaksi masam, tingkat erosi dan pencucian hara tinggi sehingga ketersediaan unsur Ca, Mg, P, K, dan N rendah serta ketersediaan Al sangat tinggi yang cenderung bersifat racun bagi tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan kultivar hibrida jagung unggul berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap kemasaman tanah. Selain itu, luaran hasil penelitian diharapkan berpotensi membantu mengatasi masalah yang dihadapi dalam budidaya tanaman jagung di Indonesia sehingga akan sangat berguna bagi petani produsen jagung umumnya.

## **METODE PENELITIAN**

### **Induksi Mutasi dengan Radiasi**

Iradiasi sinar gamma dilakukan di Laboratorium P3TIR BATAN Pasar Jumat, Jakarta. Penanaman dilakukan di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, Darmaga. Bahan yang digunakan adalah benih 9 galur murni jagung yang meliputi G1 (Pool 4 S3-29-4-4), G2 (Pool 5 S3-47-2), G3 (Sw92D343L4DMR PC3S4-56), G4 (S1/488/1), G5 (SgPD/645/15), G6 (S4/169/4), G7 (SgP/k/T1/64/22), G8 (SgPD/660/15), G9 (SgP/K/T1/78/22) dan G10 (SgPD/620/15). Galur tersebut diperoleh dari Balai Penelitian Bioteknologi dan Genetika (Balitbiogen), Bogor.

Pada penentuan LD50, percobaan menggunakan RAL dengan dua faktor yaitu galur murni jagung dan dosis iradiasi, yang terdiri (0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450 dan 500 gray). Untuk mendapatkan nilai Lethal Dosis 50 (LD50), digunakan program curve-fit analysis (Finney 2005). Pengamatan dilakukan terhadap persen tanaman mati.

Setelah diketahui dosis LD50, masing-masing galur diiradiasi menggunakan dosis LD<sub>50</sub>. Sebagai pembanding digunakan juga kontrol (tanpa iradiasi). Percobaan menggunakan RAL dengan faktor tunggal yaitu 9 galur jagung yang diiradiasi. Pengamatan dilakukan pada umur 5 MST terhadap

karakter vegetatif yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Analisis data dilakukan dengan analisis koefisien keragaman untuk mengukur tingkat keragaman populasi pada masing-masing galur, baik pada populasi yang diiradiasi maupun kontrol sebagai pembanding.

### **Induksi Varian Somaklon**

Induksi kalus menggunakan RAL faktorial dan 10 ulangan, yaitu 1 kalus tiap botol dengan lama pengamatan 3 minggu. Sebagai perlakuan adalah galur jagung dan konsentrasi 2,4D (2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm). Sumber eksplan berupa embrio muda dengan ukuran antara 1.0 -1.5 mm diambil dari biji jagung yang ditanam di lapang lebih kurang 16 sampai 20 hari setelah dilakukan penyerbukan sendiri. Variabel yang diamati meliputi bobot kalus dan diameter kalus. Analisis data dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) taraf 5%.

Kalus kemudian dipindahkan pada media kalus embriogenik dengan RAL faktorial dan 10 ulangan, yaitu 1 kalus tiap botol dengan lama pengamatan 4 minggu setelah sub kultur. Sebagai perlakuan adalah galur jagung terdiri atas 10 galur dan media induksi kalus embriogenik yaitu media A (media dasar + 2 ppm 2,4-D), dan Media B (media dasar + 2 ppm 2,4-D + mannitol 3%). Analisis data dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) taraf 5%.

### **Pembentukan Galur**

Seleksi dan penggaluran dilakukan di daerah Jasinga Bogor. Bahan tanaman yang digunakan adalah biji hasil mutasi irradiasi sinar gamma. Penggaluran dilakukan mulai dari M1 sampai M4. Rancangan penelitian yang digunakan adalah RAK dengan tiga ulangan. Sebagai perlakuan adalah genotipe mutan. Biji setiap individu ditanam dalam barisan. Jarak tanam yang digunakan adalah 25 cm dalam barisan dan 75 cm antar barisan dengan 1 tanaman per lubang. Sebagai pupuk dasar digunakan urea 50 kg/ha, TSP 200 kg/ha dan KCl 100 kg/ha, yang diberikan pada saat tanam. Pada umur 6 minggu setelah tanam (MST) dilakukan pemupukan kedua dengan dosis 50 kg/ha. Pengamatan dilakukan agronomis meliputi variabel vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang,

jumlah daun, panjang dan lebar daun terlebar, panjang akar, bobot brangkasan segar dan kering), variabel generatif (umur munculnya bunga jantan, bunga betina, jumlah tongkol per tanaman, panjang tongkol, bobot tongkol berklubot, bobot tongkol tanpa klubot, bobot dan jumlah biji per tongkol, bobot 100 biji, bobot biji per tanaman), dan pengamatan visual warna batang dan daun. Analisis data dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMNRT) taraf 5%. Seleksi dilakukan menggunakan seleksi indeks dengan berdasarkan pada karakter yang menjadi indikator morfologis untuk ketenggangan terhadap kemasaman tinggi.

### **Karakterisasi Mutan**

Rancangan yang digunakan adalah RAKL dengan perlakuan 12 genotipe jagung (6 galur mutan dan 6 galur asal). Penanaman dilakukan seperti percobaan sebelumnya. Pengamatan dilakukan terhadap karakter agronomis dan pola pita RAPD. Sampel daun untuk analisis RAPD diambil pada saat tanaman berumur 3 minggu. Ekstraksi DNA menggunakan KIT XNAP extract dari SIGMA. Karakter agronomis yang dievaluasi meliputi variabel vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun), variabel generatif (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang tongkol, diameter tongkol, dan bobot 100 biji). Analisis data dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMNRT) taraf 5%.

### **Perakitan Hibrida dan Uji Daya Gabung**

Sebanyak enam tetua mutan M4 hasil irradiasi sinar gamma generasi keempat yang terseleksi baik pada tanah masam jasinga digunakan sebagai bahan dialel. Biji yang dihasilkan selanjutnya dipanen sebagai F1 rekombinasi tetua calon hibrida.

Hasil persilangan antara genotipe tersebut pada skema dialel yaitu sebanyak 30 F1 dievaluasi pertumbuhan dan daya hasilnya. Sebagai pembanding digunakan salah satu jagung hibrida komersial P21 (Pioner) dan NK33 (Syngenta). Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan 32 hibrid jagung. Setiap perlakuan ditanam dalam baris sebanyak 30 tanaman, diulang 3 kali. Estimasi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung

khusus (DGK) menggunakan metode Line x Tester Analysis (Singh and Chaudhary, 1979)

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Induksi Mutasi dengan Radiasi**

Hasil analisis menunjukkan bahwa kirasaran LD50 untuk iradiasi terhadap benih pada tanaman jagung cukup lebar, yaitu antara 90-424 Gy iradiasi sinar gamma. Tingkat radiosensitivitas antargalur tersebut berbeda-beda. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat radiosensitivitas suatu tanaman terhadap iradiasi. Secara fisik, bentuk morfologi bahan tanaman dapat mempengaruhi ketahanan fisik sel saat menerima iradiasi sinar gamma. Selain itu juga faktor biologis seperti faktor genetik, dan juga faktor lingkungan seperti oksigen, kadar air, penyimpanan pasca iradiasi dan suhu (Ahnstroem 1977). Broertjes dan van Harten (1988) dan Alpen (1994) menyatakan bahwa semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H<sub>2</sub>O) berada dalam materi yang diradiasi, maka semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga menjadi semakin sensitif.

Induksi mutasi dilakukan dengan iradiasi sinar gamma terhadap benih pada dosis sekitar dosis LD50 (275 Gy) ternyata menghasilkan tanaman-tanaman yang memiliki karakter berbeda dari tetuanya sehingga meningkatkan keragaman populasi dalam setiap galur. Terjadinya abnormalitas pada populasi yang diiradiasi menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen yang sangat besar sehingga proses fisiologis yang dikendalikan secara genetik di dalam tanaman menjadi tidak normal dan menimbulkan variasi-variasi genetik baru (Soeranto, 2003). Abnormalitas hingga kematian tanaman yang diiradiasi disebabkan oleh terbentuk radikal bebas seperti Ho, yaitu ion yang sangat labil dalam proses reaksi akibat iradiasi, sehingga banyak menghasilkan benturan ke berbagai arah, yang akibatnya akan membuat perubahan atau mutasi baik di tingkat DNA, tingkat sel, maupun jaringan, bahkan sampai mengakibatkan kematian pada tanaman (Ahnstroem 1977; Datta 2001).

### Induksi Varian Somaklon

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa konsentrasi hormon 2,4-D tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan eksplan. Bobot kalus tidak berbeda antar perlakuan 2,4-D, sedangkan diameter kalus pada 8 ppm 2,4-D paling besar, sekalipun tidak nyata antara 2 ppm sampai 8 ppm 2,4-D. Sutjahjo (1994) menyatakan bahwa dengan konsentrasi 2,4-D sebanyak 2 mg/l maka masa inkubasi selama 4 minggu dapat menghasilkan frekuensi kalus embriogenik dan bobot basah kalus serta jumlah planlet tertinggi.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi 2,4-D dalam media terhadap pertumbuhan eksplan tanaman jagung

Konsentrasi 2,4-D (ppm)	Bobot kalus (g)	Diameter Kalus (mm)
2	0.10 b	72 b
4	0.11 ab	72 b
6	0.15 ab	71 b
8	0.12 ab	79 a
10	0.13 ab	78 b

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan DMNRT pada taraf 5%

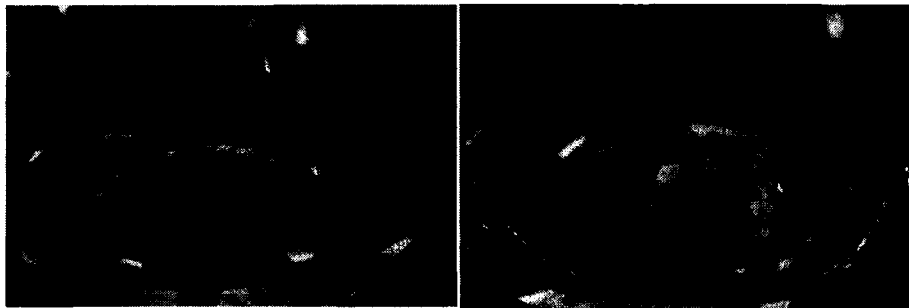
Galur yang memiliki bobot kalus dan diameter kalus tertinggi pada media dengan penambahan 2,4-D adalah G8. Sedangkan yang paling rendah adalah galur G5 (Tabel 2). Hasil ANOVA peubah yang diamati pada akhir percobaan menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara galur dengan konsentrasi 2,4-D. Interaksi tersebut disebabkan karena terdapat beda nyata antar galur, walaupun antar konsentrasi 2,4-D tidak terdapat beda yang nyata. Interaksi antara galur dan konsentrasi 2,4-D berbeda nyata terhadap bobot kalus dan diameter kalus. Bobot kalus tertinggi terdapat pada G8 dengan konsentrasi 2,4-D 6ppm. Sedangkan diameter kalus terbesar terdapat pada G3 dengan konsentrasi 2,4-D 10 ppm.

Tabel 2. Pengaruh galur terhadap pertumbuhan eksplan tanaman jaggu pada media MS + 2.4D

Galur	Bobot kalus (g)	Diameter Kalus (mm)
1	0.06 de	63 de
2	0.16 ab	81 abc
3	0.14 bc	80 abc
4	0.15 bc	76 bc
5	0.05 e	36 e
6	0.11 bc	79 abc
7	0.10 cd	74 c
8	0.20 a	79 abc
9	0.14 bc	86 ab
10	0.13 bc	88 a

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan DMNRT pada taraf 5%

Pengamatan induksi kalus embriogenik dilakukan pada 4 minggu setelah sub kultur. Jumlah kalus embriogenik nyata lebih tinggi pada media MS + 2,4-D + manitol 3% (Gambar 1). Dalam hal ini galur G8 dan G3, nampak mempunyai frekuensi tertinggi (100%) selanjutnya G6 dan G4 (90%), dan yang terendah adalah galur G10 (40%) (Tabel 3).



Gambar 1. Bentuk kalus embriogenik pada G8 (a) media MS + 2,4-D (b) media MS + 2,4-D + manitol 3%



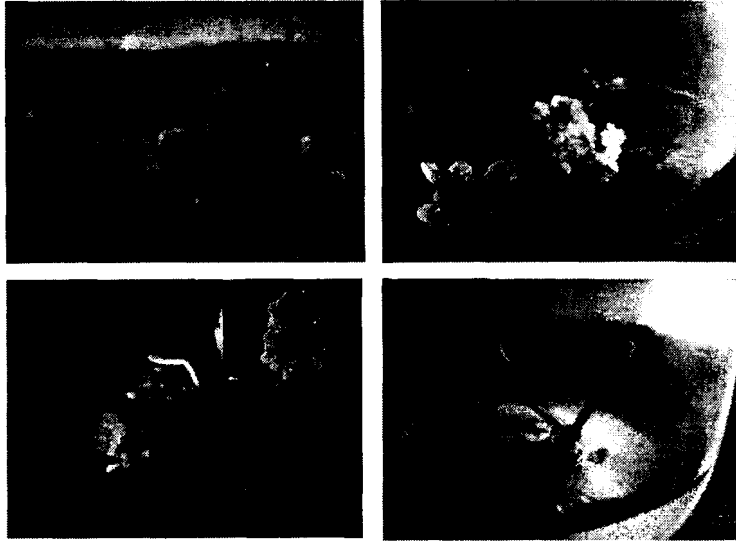
Tabel 3. Pengaruh galur terhadap pertumbuhan kalus tanaman jagung pada media MS yang diberi suplemen

Galur	Media	Bobot Kalus	Diameter Kalus	Persen Kalus Embriogenik
1	A	0.085 d	0.67 fg	30
	B	0.143 bcd	0.86 cdefg	60
2	A	0.300 abc	0.56 g	30
	B	0.336 ab	1.13 bcd	70
3	A	0.349 a	1.07 bcde	40
	B	0.231 abcd	1.11 bcd	100
4	A	<b>0.253 abcd</b>	<b>0.80 efg</b>	<b>50</b>
	B	0.232 abcd	1.33 b	90
5	A	0.262 abcd	0.79 efg	20
	B	0.140 cd	1.23 b	70
6	A	0.229 abcd	1.18 bc	40
	B	0.228 abcd	1.83 a	90
7	A	0.251 abcd	0.72 fg	20
	B	0.216 abcd	1.64 a	70
8	A	0.209 abcd	0.71 fg	30
	B	0.252 abcd	1.70 a	100
9	A	0.225 abcd	0.89 cdef	50
	B	0.227 abcd	1.12 bcd	60
10	A	0.208 abcd	0.77 efg	30
	B	0.209 abcd	1.03 bcde	40

Penambahan mannitol 3% pada media induksi kalus embriogenik meningkatkan diameter kalus walaupun bobot kalus tidak beda nyata dibandingkan tanpa manitol. Dari berbagai hasil penelitian tentang embriogenesis pada jagung dilaporkan bahwa tidak semua genotipa jagung tanggap terhadap kultur (Fahey *et al.*, 1986). Kemampuan regenerasi untuk membentuk planlet relatif sukar dicapai dan terbatas pada beberapa genotipa saja (Rapela, 1985). Diduga mannitol tersebut yang merupakan gula alkohol berperan di dalam memperbaiki tekanan osmosis media sehingga sel-sel menjadi lebih aktif membelah dalam membentuk kalus embriogenik.

Untuk melihat kemampuan kalus embriogenik yang dihasilkan dalam membentuk tunas dan akar, dilakukan sub kultur G8 ke dalam media regenerasi. Pada tanaman jagung umumnya tunas dan akar dapat diinduksi dengan cara memindahkan kalus embriogenik yang sudah terbentuk pada media inisiasi ke dalam media regenerasi tanpa hormon (Close dan Ludeman, 1987). Media regenerasi kalus menjadi planlet adalah yang digunakan adalah media MS + 3%

mannitol + BAP (0,5 ppm) + NAA (0,1 ppm) + Casein hidrolisat (100 mg). Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkembangan regenerasi kalus embriogenik setelah dipindahkan pada media regenerasi Searah jarum jam:1 MSK, 2 MSK, 4 MSK dan 6 MSK

### Pembentukan Galur

Benih populasi mutan generasi M1 diselfing terus menerus sampai generasi M4. Lokasi penanaman dipilih yang memiliki tingkat kemasaman tinggi. Seleksi menggunakan metode Pedigree. Keragaan galur-galur mutan generasi ke 4 (M4) menunjukkan tingkat pertumbuhan yang relatif pendek dengan tinggi tanaman rata-rata kurang dari 1.5 m dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi dengan tinggi tanaman terendah 111 cm dan tertinggi 215 cm (Tabel. 4). Demikian juga untuk karakter vegetatif lain, seperti panjang dan lebar daun. Penurunan hasil pengukuran tersebut merupakan efek terjadinya *inbreeding depression*.

Tabel 4. Rata-rata pertumbuhan dan komponen hasil galur mutan M4

GENOTIPE	UBB	UBJ	TT	JD	PD	LD	DBT	JBB	JT
G1-12-18a-1-1	47.60	45.30	126.89	8.70	79.29	8.66	15.21	1.00	1.00
G1-12-18a-1-11	48.60	45.60	119.24	10.10	60.77	6.88	8.99	1.00	1.00
G1-12-18a-1-13	48.08	45.17	129.72	8.50	66.87	7.52	13.51	1.25	1.00
G1-12-18a-1-4	57.30	53.70	111.71	6.80	65.40	14.53	11.37	1.20	1.00
G1-12-18a-1-6	56.75	53.50	128.14	7.75	54.60	7.65	10.98	1.00	1.00
G3-15-17-4-10	45.35	41.90	138.05	8.80	78.40	7.40	10.08	1.25	1.05
G3-15-17-4-11	50.00	47.40	174.61	7.00	75.42	7.68	11.18	1.00	1.00
G3-15-17-4-20	47.88	44.92	133.18	8.83	80.71	7.60	11.04	1.13	1.04
G3-15-17-4-27	45.20	42.30	162.30	7.80	74.42	7.04	11.55	1.30	1.00
G3-15-17-4-33a	46.50	43.60	155.46	9.80	70.65	6.54	11.20	1.25	1.10
G6-6-19-19a-28b	47.30	44.50	134.33	9.30	77.33	7.89	11.94	1.30	1.00
G6-6-19a-9-10	46.27	43.40	147.16	10.53	87.83	10.35	11.34	1.20	1.07
G6-6-19a-9-32a	42.20	38.85	165.84	10.00	86.77	11.64	12.07	1.15	1.00
G6-6-19a-9-5	46.83	42.58	146.80	9.92	93.02	10.95	12.38	1.17	1.00
G7-15-9-3-14	47.15	44.15	172.46	9.95	81.69	7.73	11.03	1.10	1.05
G7-15-9-3-30	54.10	50.50	162.72	9.10	84.95	11.64	12.66	1.20	1.00
G7-15-9-3-6	45.87	42.53	124.97	9.73	91.66	10.81	11.67	1.20	1.00
G7-15-9-3-7	46.92	44.00	150.74	8.83	78.82	8.81	15.03	1.42	1.25
G7-15-9-3-9	45.72	41.89	172.37	9.72	92.97	12.62	12.45	1.22	1.00
G8-4-8-6-10	47.58	43.92	138.87	9.25	85.85	11.61	12.40	1.00	1.00
G8-4-8-6-11	56.20	53.00	185.43	8.80	89.18	12.54	11.56	1.00	1.00
G8-4-8-6-3	51.20	48.30	215.45	10.95	73.14	7.34	9.42	1.30	1.05
G8-4-8-6-4	45.70	42.20	171.06	8.70	93.13	11.70	13.49	1.20	1.00
G8-4-8-6-7a	52.13	49.00	204.20	9.38	83.81	9.33	11.06	1.00	1.00
G9-20-44-2-1	45.54	41.85	139.60	9.38	88.07	11.59	12.28	1.31	1.08
G9-20-44-2-13	52.07	49.60	135.25	7.53	75.03	12.35	13.37	1.27	1.07
G9-20-44-2-18a	44.40	41.00	179.66	10.00	78.47	9.57	10.83	1.13	1.00
G9-20-44-2-18b	58.83	53.83	145.35	7.50	94.20	12.07	11.05	1.17	1.00
G9-20-44-2-21	48.20	44.80	143.87	9.20	92.89	13.45	11.43	1.20	1.10

UBB = umur berbunga betina, UBJ = umur berbunga jantan, TT = tinggi tanaman, JD = jumlah daun, PD = panjangdaun, LD = lebar daun, DBt = diameter batang, JBBj = jumlah biji baris, JT = jumlah tongkol per tanaman,

Varian dalam galur yang relatif kecil dari peubah yang diamati sebagian besar relative kecil yang menandakan telah semakin seragam, kecuali dengan peubah tinggi tanaman yang masih memiliki keragaman yang cukup besar (Gambar 3, Tabel 5).

Tabel 5. Varian pertumbuhan dan komponen hasil dalam galur M4

GENOT	UBB	UBJ	TT	JD	PD	LD	DBT	JBB	JT
G1-12-18a-1-1	0.71	0.90	80.75	0.68	55.36	0.91	8.37	0.00	0.00
G1-12-18a-1-11	2.71	1.60	73.06	1.88	158.14	1.38	1.92	0.00	0.00
G1-12-18a-1-13	1.36	0.88	172.55	3.73	220.92	1.33	4.34	0.20	0.00
G1-12-18a-1-4	0.46	0.46	277.43	0.84	22.97	3.66	4.92	0.18	0.00
G1-12-18a-1-6	8.92	7.00	704.49	0.25	66.03	2.24	0.96	0.00	0.00
G3-15-17-4-10	4.98	6.09	278.36	0.80	189.90	1.38	7.14	0.30	0.05
G3-15-17-4-11	0.50	1.30	508.58	0.50	30.14	2.70	2.84	0.00	0.00
G3-15-17-4-20	1.07	1.21	463.2	0.84	67.91	1.42	7.20	0.11	0.04
G3-15-17-4-27	2.18	3.12	524.3	1.07	163.84	1.28	8.37	0.23	0.00
G3-15-17-4-33a	5.74	6.57	290.61	2.38	189.96	1.75	8.73	0.30	0.09
G6-6-19-19a-28b	1.57	1.61	178.71	4.46	110.15	0.95	2.16	0.23	0.00
G6-6-19a-9-10	6.07	7.11	657.83	1.55	96.63	1.92	1.75	0.17	0.07
G6-6-19a-9-32a	3.75	2.87	612.91	2.42	114.55	3.24	4.69	0.13	0.00
G6-6-19a-9-5	2.70	2.45	238.31	2.99	85.22	3.89	3.40	0.15	0.00
G7-15-9-3-14	1.61	1.82	285.67	1.00	108.12	2.54	5.58	0.09	0.05
G7-15-9-3-30	5.57	4.47	315.44	1.78	105.72	2.33	4.71	0.17	0.00
G7-15-9-3-6	4.55	3.41	160.94	1.50	154.27	2.71	3.62	0.17	0.00
G7-15-9-3-7	0.99	1.27	232.17	1.61	105.48	0.64	5.78	0.45	0.39
G7-15-9-3-9	3.04	3.16	444.05	2.09	64.22	3.87	3.77	0.30	0.00
G8-4-8-6-10	9.17	8.27	135.61	2.75	100.17	4.08	4.32	0.00	0.00
G8-4-8-6-11	9.70	2.50	84.41	0.70	116.31	1.49	0.50	0.00	0.00
G8-4-8-6-3	1.64	1.59	53.04	2.68	145.89	1.42	2.31	0.22	0.05
G8-4-8-6-4	4.01	3.29	93.55	1.34	168.62	3.31	5.17	0.18	0.00
G8-4-8-6-7a	3.27	4.00	191.17	1.13	195.34	1.18	2.61	0.00	0.00
G9-20-44-2-1	4.10	2.97	1412.46	2.09	79.28	3.81	4.06	0.23	0.08
G9-20-44-2-13	1.92	1.83	1155.49	0.98	82.85	2.38	15.82	0.21	0.07
G9-20-44-2-18a	3.26	2.86	305.01	2.14	116.47	1.66	1.93	0.12	0.00
G9-20-44-2-18b	0.17	2.97	163.52	1.10	34.37	1.88	1.67	0.17	0.00
G9-20-44-2-21	0.59	1.01	953.1	0.59	137.24	4.77	2.15	0.17	0.09

UBB = umur berbunga betina, UBJ = umur berbunga jantan, TT = tinggi tanaman, JD = jumlah daun, PD = panjang daun, LD = lebar daun, DBT = diameter batang, JBBj = jumlah biji baris, JT = jumlah tongkol per tanaman,



Gambar 3. Pertumbuhan vegetatif populasi generasi M4

### Karakterisasi Mutan

Hasil pengamatan karakter vegetatif dan generatif ditunjukkan pada Tabel 6. Terjadi pengurangan ukuran pada tanaman mutan M4 baik pada karakter vegetatif maupun generatif. Untuk parameter tinggi tanaman dan panjang tongkol penurunan ukuran sekitar 50%. Sedangkan untuk parameter jumlah daun dan diameter tongkol penurunan hanya sekitar 20%. Bobot 100 butir juga menjadi lebih kecil dengan penurunan yang bervariasi.

Tabel 6. Nilai rata-rata karakter vegetatif dan generatif mutan M4 dan tetuanya

Genotipe	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Panjang tongkol (cm)	Diameter tongkol (mm)	Bobot 100 butir
G1	234.70	13.00	16.70	39.60	17.93
G1M	108.46	8.46	8.14	25.08	9.68
G3	201.40	9.30	12.20	25.80	15.85
G3M	121.15	8.82	8.92	25.48	10.13
G6	224.60	12.80	15.50	42.70	24.07
G6M	132.24	9.75	9.71	29.64	9.51
G7	225.70	13.60	15.00	41.60	21.19
G7M	114.58	9.51	10.13	28.58	9.96
G8	228.20	12.50	18.00	38.60	24.54
G8M	119.69	9.75	11.38	29.52	9.50
G9	219.20	12.70	12.50	28.30	11.44
G9M	122.39	8.90	8.74	26.55	9.50

Isolasi DNA jagung menggunakan KIT RED Extract. Metode amplifikasi DNA dengan konsentrasi DNA 10 – 25 ng dan program PCR yang digunakan adalah:

- Satu siklus - Pre PCR pada suhu 94°C selama 5 menit,
- 45 siklus - Denaturasi pada suhu 94°C selama 5 detik,
- Annealing pada suhu TM-4 selama 30 detik
- Elongation pada suhu 72°C selama 1 menit
- Satu siklus - Stop PCR pada suhu 72°C selama 10 menit

Hasil seleksi primer dari operon technologies OPE, OPH dan OPM diperoleh 15 primer yang menghasilkan produk amplifikasi. Kemudian dilakukan amplifikasi pada seluruh DNA tanaman baik mutan maupun tanaman induknya. Hanya 5 primer yang menunjukkan polimorfisme pada populasi, yaitu OPE-07, OPE-06, OPH7, OPH-19 dan OPM-20. Tabel 7 menunjukkan adanya mutasi

pada semua galur M4 yang terseleksi yang ditunjukkan dengan perbedaan pola pita DNA dengan galur asalnya.

Tabel 7. Daftar primer yang menunjukkan polimorfisme pada tanaman mutan

Primer	G1	G1 M	G3	G3 M	G6	G6 M	G7	G7 M	G8	G8 M	G9	G9 M
OPE07 <sub>500</sub>									+	-		
OPE08 <sub>450</sub>											-	+
OPE08 <sub>600</sub>									+	-	-	+
OPE08 <sub>1500</sub>	+	-										
OPE08 <sub>1600</sub>							+	-				
OPE08 <sub>2000</sub>							+	-			+	-
OPH07 <sub>600</sub>					+	-						
OPM20 <sub>1100</sub>			+	-								

#### Perakitan Hibrida dan Uji Daya Gabung

Berdasarkan pada keragaan dan tingkat keseragaman dalam galur populasi M4, maka ditetapkan enam galur yang digunakan dalam persilangan. Dengan menggunakan skema persilangan dialel maka diperoleh kombinasi persilangan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar hibrid yang dihasilkan dari persilangan tetua terpilih

No	Persilangan	No	Persilangan
1	G1-12-18a-1 x G8-4-8-6	16	G7-15-9-3 x G3-15-17-4
2	G1-12-18a-1x G9-20-44-2	17	G7-15-9-3 x G9-20-44-2
3	G1-12-18a-1 x G7-15-9-3	18	G7-15-9-3 x G6-6-19a-9
4	G1-12-18a-1 x G6-6-19-19 <sup>a</sup>	19	G7-15-9-3 x G1-12-18a-1
5	G1-12-18a-1 x G3-15-17-4	20	G7-15-9-3 x G8-4-8-6
6	G3-15-17-4 x G9-20-44-2	21	G8-4-8-6 x G6-6-19a-9
7	G3-15-17-4 x G8-4-8-6	22	G8-4-8-6 x G9-20-44-2
8	G3-15-17-4 x G1-12-18a-1	23	G8-4-8-6 x G1-12-18a-1
9	G3-15-17-4 x G6-19a-9	24	G8-4-8-6 x G7-15-9-3
10	G3-15-17-4 x G7-15-9-3	25	G8-4-8-6 x G3-15-17-4
11	G6-6-19a-9 x G3-15-17-4	26	G9-20-44-2 x G6-6-19a-9
12	G6-6-19a-9 x G1-12-18a-1	27	G9-20-44-2 x G1-12-18a-1
13	G6-6-19a-9 x G8-4-8-6	28	G9-20-44-2 x G3-15-17-4
14	G6-6-19a-9 x G7-15-9-3	29	G9-20-44-2 x G8-4-8-6
15	G6-6-19a-9 x G9-20-44-2	30	G9-20-44-2 x G7-15-9-3

Pengujian daya gabung dilakukan di Jasinga dan Leuwikopo. Percobaan Jasinga dilakukan mulai bulan Juli 2009 hingga bulan November 2009. Kondisi musim kemarau pada saat pengolahan lahan hingga pertumbuhan awal menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan hasil kurang memuaskan. Pengaruh daya gabung umum sangat signifikan yang mengindikasikan bahwa tetua-tetua hibrida yang digunakan memiliki keragaan menghasilkan hibrid yang berbeda-beda satu sama lain. Untuk parameter tinggi tanaman, dengan harapan tanaman yang lebih tinggi lebih berpotensi menghasilkan biomas lebih baik yang selanjutnya berimplikasi hasil yang paling baik pula, maka nilai DGU tertinggi adalah yang paling baik. Dari enam tetua yang diuji, tampak bahwa G6 dan G8 memiliki DGU terbaik, dengan nilai estimasi berturut-turut 3.37 dan 2.58. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida dengan tinggi tanaman yang lebih baik adalah G3 x G8 memiliki estimasi DGK tertinggi, yaitu 11.78. Pada percobaan di Leuwikopo, G8 juga memiliki DGU terbaik berdasarkan parameter vegetatif. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida terbaik adalah G1 x G8 memiliki estimasi DGK tertinggi.

### KESIMPULAN

Nilai LD50 irradiasi dengan sinar gamma terhadap galur-galur jagung yang diuji berkisar antara 97 Gy hingga 424 Gy. Induksi mutasi fisik dengan sinar gamma dilakukan pada dosis 275 Gy. Induksi varian somaklon dilakukan pada beberapa tahapan. Media efektif untuk pembentukan kalus adalah MS + 2 ppm 2,4-D., untuk merangsang terbentuknya kalus ebrigenik adalah media MS + 2,4-D + manitol 3% dan media regenerasi adalah MS + 0.5 ppm BAP + 0.1 ppm NAA+ 100 mg casein hidrolisat.

Selfing mutan sampai generasi M4 menghasilkan generasi yang seragam dengan nilai varian dalam genotipe kecil. Secara morfologi generasi M4 lebih kecil dibandingkan dengan tetua asalnya akibat *inbreeding depression*. Berdasarkan pola pita RAPD terjadi polimorfisme pada semua galur mutan minimal pada 1 lokus.

Persilangan 6 galur mutan M4 dengan skema dialel menghasilkan 30 hibrid berikut resiproknnya dengan jumlah benih sekitar 200-400 butir benih setiap persilangan. Hasil analisis daya gabung umum berdasarkan parameter vegetatif baik di Jasinga maupun di Leuwikopo menunjukkan G8 memiliki DGU terbaik. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida terbaik dengan estimasi DGK tertinggi adalah G3 X G8 (Jasinga) dan G1 x G8 (Leuwikopo).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Program Insentif Riset Dasar dari Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai seluruh kegiatan penelitian; kepada Badan Penelitian Bioteknologi Pertanian dan Genetika atas kontribusi galur-galur murni jagung yang digunakan sebagai tetua; dan kepada P3TIR BATAN atas bantuan dalam perlakuan iradiasi sinar gamma.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahnstroem G. 1977. Radiobiology. In Manual on Mutation Breeding, 2nd edition. Tech. Report Series No.119. Joint FAO/IAEA. Vienna: Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture. 286 p.
- BPS. 2005. Statistik Indonesia. Biro Pussat Statistik. Jakarta.
- Close, K. R. and L. A. Ludeman. 1987. The effect of auxin-like plant growth regulator and osmotic regulation on induction of somatic embryogenesis from elite maize inbred. *Plant Sci.* 52: 81-89.
- Datta, S.K.. 2001. Mutation studies on garden chrysanthemum : A review. *Scientific Horticulture* 7:159-199.
- Duncan R.R., R.M. Waskom, and M.W. Nabors. 1995. In vitro screening and field evaluation of tissue culture-regenerated sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) for soil stress tolerance. *Euphytica* 85:371-380.
- Fahey, J. W., J. N. Reed, T. L. Readdy and G. M. Pace. 1986. Somatic embryogenesis from three commercially important inbreds of *Zea mays*. *Plant Cell Reports*. 5: 35-38.
- Finney, D.J. Probit analysis and multivariant. 2005. [Http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231a/notes3/probit.html](http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231a/notes3/probit.html). Diakses 5 Januari 2005.



- Rapela, M. A. 1985. Organogenesis and somatic embryogenesis in tissue ultures of Argentina maize (*Zea mays* L.). J. Plant Physiol. 121: 119-122.
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyani Publ. New Delhi. 304 p.
- Sutjahjo S.H. 1994. Induksi keragaman somaklon kea Arah ketenggangan terhadap keracunan aluminium pada tanaman jagung [disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.