

## **Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) untuk Mendapatkan Genotipe Unggul Baru Kedelai Toleran Kekeringan**

**WARID<sup>1\*</sup>, NURUL KHUMAIDA<sup>2</sup>, AGUS PURWITO<sup>2</sup>, DAN MUHAMMAD SYUKUR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Staf Pengajar Agroekoteknologi, Universitas Trilogi

<sup>2</sup>Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor

<sup>\*</sup>E-mail: warid@universitas-trilogi.ac.id

### **ABSTRACT**

**Influence of Gamma Rays Irradiation on First Generation (M1) to Obtain New Promising Drought-Tolerance Soybean Genotype.** Breeding to produce drought tolerant varieties is one of main strategies in the soybean production improvement. Some limitations in soybean conventional breeding are that it takes long time and that drought tolerant characters are rarely found. Therefore, the improvement of genetic variability is very important to assist drought tolerant. Mutation through gamma irradiation is one of techniques to improve genetic variability. The aims of this research were to obtain LD<sub>50</sub>, study the influence of irradiation, and genetic of mutation. To determine the LD<sub>50</sub>, seeds of soybean cv. Anjasmoro were irradiated with 0-800 Gy (100 interval) gamma rays. LD<sub>50</sub> was calculated to be 202.5 Gy base on germination rate. Therefore, in further experiment 200-400 Gy (50 interval) dosage were used to irradiate seeds of soybean cv. Anjasmoro and Burangrang. All irradiation dosages (200-400 Gy) damage protoplast, decrease plant survival, prolong flowering dan harvest time, decrease plant height, number of total and filled pod, number of seeds, and improve the number of empty pod.

---

*Keywords: LD<sub>50</sub>, mutation, genetic-variance, putative-mutant*

### **PENDAHULUAN**

Ekstensifikasi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produksi kedelai di Indonesia. Dalam usaha ekstensifikasi, penggunaan lahan-lahan pertanian akan bergeser dari lahan yang subur ke marginal. Salah satu faktor pembatas lahan marginal adalah cekaman kekeringan (Sopandie *et al.*, 1997), sehingga diperlukan varietas kedelai yang memiliki sifat toleran terhadap kondisi

lingkungan tersebut. Menurut laporan Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014) disebutkan bahwa luas lahan kering di Indonesia pada tahun 2013 mencapai sekitar 31.4 juta hektar.

Perakitan varietas toleran kekeringan melalui pemuliaan konvensional perlu waktu yang lama. Selain itu, tanaman kedelai yang memiliki karakter toleransi terhadap kekeringan secara alami tidaklah banyak dan pemuliaan melalui hibridisasi seringkali

## **WARID. et al. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) ...**

memasukkan karakter-karakter baru yang tidak diinginkan, sehingga diperlukan cara lain yang lebih cepat dalam menghasilkan varietas baru dengan penambahan karakter khusus tanpa mengubah karakter unggul sebelumnya.

Peningkatan keragaman genetik dapat dicapai salah satunya melalui perlakuan mutasi (iradiasi). Iradiasi sinar gamma adalah perlakuan mutasi induksi (buatan) dengan menggunakan bantuan sinar gamma. Mutasi merupakan sumber pokok dari semua variasi genetik yang menyediakan bahan kasar bagi evolusi. Tanpa mutasi, evolusi makhluk hidup tidak akan terjadi. Mutasi dapat menambah atau mengurangi satu atau beberapa sifat baru yang khusus tanpa mengubah keseluruhan sifat unggul yang dimiliki sebelumnya (Predieri, 2001). Data dalam International Atomic Energy Agency (IAEA) menyebutkan bahwa lebih dari 3.000 varietas hasil mutasi telah dirilis di seluruh dunia (Jain, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dosis lethal 50% ( $LD_{50}$ ) untuk membentuk keragaman genetik dan mempelajari pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap beberapa karakter agronomi kedelai pada generasi M1.

### **BAHAN DAN METODE**

Dalam penelitian ini digunakan genotipe kedelai yang memiliki karakter toleransi terhadap cekaman kekeringan yang berbeda yaitu varietas nasional Anjasmoro (toleran) dan varietas Burangrang (peka) yang diperoleh dari BB Biogen Cimanggu, Bogor. Percobaan ini dilaksanakan pada bulan November 2012 hingga Juni 2013.

Percobaan ini menggunakan metode seleksi *pedigree*, yaitu karakter yang diharapkan diseleksi pada generasi awal. Menurut Syukur *et al.* (2012), untuk mengurangi kemungkinan kehilangan genotipe unggul pada generasi awal maka perlu dilakukan penanaman dengan jumlah tanaman yang banyak setiap populasinya, jarak tanam yang lebar, dan varietas pembanding di setiap petaknya. Seleksi pada program pemuliaan mutasi dengan tanaman yang menyerbuk sendiri biasanya dilakukan pada generasi kedua (M2) karena pada saat tersebut populasi tanaman hasil iradiasi sedang mengalami segregasi maksimal.

Percobaan awal yang dilakukan dalam rangka mencari dosis iradiasi yang optimal untuk membentuk keragaman genetik adalah dengan mencari informasi nilai  $LD_{50}$ . Pencarian informasi nilai  $LD_{50}$  dilakukan dengan mengiradiasi benih kedelai varietas Anjasmoro dengan dosis iradiasi 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, dan 800 Gray serta 1000 Gray sebagai kontrol alat *gamma chamber*. Iradiasi dilakukan di PAIR-BATAN dengan jumlah benih setiap dosis iradiasi sebanyak  $\pm 100$  butir. Selanjutnya benih ditanam dalam *tray* plastik dan pengamatan daya tumbuh benih dilakukan pada 2 MST untuk mencari nilai  $LD_{50}$ .

Informasi nilai  $LD_{50}$  menjadi acuan untuk melakukan perbaikan tanaman kedelai yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan berdaya hasil tinggi. Varietas Anjasmoro dan Burangrang dipilih untuk dijadikan bahan penelitian karena memiliki toleransi terhadap cekaman kekeringan yang berbeda. Benih

kedua varietas tersebut diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 200, 250, 300, 350, 400, dan 1000 Gray. Benih yang diiradiasi sebanyak  $\pm$  300 butir setiap dosis. Benih teriradiasi selanjutnya ditanam di KP Leuwikopo pada petakan setiap dosis seluas 13 m<sup>2</sup> dengan jarak tanam 50 cm X 20 cm. Jumlah benih setiap lubang tanam sebanyak satu butir benih sehingga terdapat sekitar 228 tanaman setiap dosis iradiasi dan tidak dilakukan penyulaman. Pengamatan daya tumbuh dilakukan pada 2 MST, sedangkan pengamatan mengenai pengaruh iradiasi terhadap keragaan M1 dilakukan setiap fase pertumbuhan dan perkembangan kedelai, yaitu dengan mengamati perbedaan morfologi daun, waktu muncul bunga, dan waktu panen. Pengamatan karakter tinggi tanaman, jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, jumlah polong total, dan jumlah biji dilakukan saat panen dengan menggunakan tanaman contoh sebanyak 15 tanaman yang dibagi menjadi 3 ulangan. Benih yang dihasilkan dari tanaman M1 dipanen secara *bulk* berdasarkan dosis iradiasi dan digunakan sebagai bahan tanam untuk seleksi *in vivo* pada M2 di lahan kering.

Data percobaan diolah dengan menggunakan Microsoft Excell dan SAS untuk melihat nilai rata-rata, ragam dan sidik ragam. Apabila dalam sidik ragam terdapat perbedaan yang signifikan pada taraf nyata 5%, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Analisis data menggunakan program SAS portabel versi 9.1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan daya tumbuh benih dapat dihitung nilai Lethal Dose 50% (LD<sub>50</sub>). LD<sub>50</sub> merupakan suatu nilai yang menunjukkan besarnya dosis iradiasi yang mampu mematikan 50% populasi tanaman. Nilai LD<sub>50</sub> ini penting diketahui sebagai acuan untuk melakukan metode pemuliaan tanaman selanjutnya. Jika tujuan pemuliaan untuk meningkatkan keragaman tanaman, maka aplikasi iradiasi selanjutnya dilakukan pada dosis di sekitar LD<sub>50</sub>. Sedangkan jika tujuan pemuliaan untuk menghasilkan karakter yang ekstrim, maka aplikasi iradiasi dapat dilakukan pada dosis tinggi di atas LD<sub>50</sub>. Pada dosis radiasi yang tinggi biasanya akan didapatkan tanaman dengan karakter kerdil dan mandul jantan, sehingga bisa digunakan untuk mengembangkan varietas hibrida.

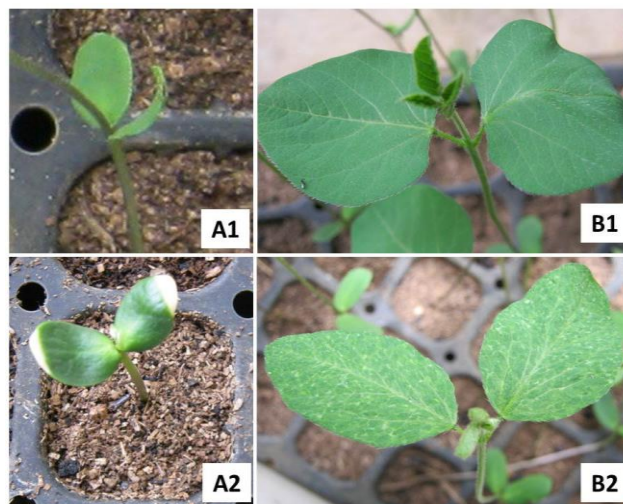
LD<sub>50</sub> dihitung dengan menggunakan software CurveExpert berdasarkan persentase daya tumbuh M1. Nilai LD<sub>50</sub> yang diperoleh dari percobaan ini yaitu sebesar 202.5 Gy (S=4.6; r=0.99). Berdasarkan informasi ini, kemudian dilakukan iradiasi ulang pada benih baru dengan dosis yang lebih sempit agar keragaman yang muncul sangat tinggi. Nilai LD<sub>50</sub> pada benih kedelai lebih rendah jika dibandingkan dengan komoditas kacang-kacangan yang lain. LD<sub>50</sub> pada benih kacang hijau sebesar 532 Gy dan 540.6 Gy (Tah, 2006), pada benih *urd bean* (kacang hitam) sebesar 600 Gy (Thilagavathi dan Mullainathan, 2011). Besarnya dosis iradiasi dalam membentuk keragaman dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya yaitu ukuran bahan. Seperti yang dinyatakan oleh

## WARID. *et al.* Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) ...

Soejono (2003) bahwa dosis iradiasi yang dibutuhkan untuk membentuk keragaman semakin tinggi bergantung kepada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan, dan bahan yang diiradiasi.

Iradiasi sinar gamma ternyata dapat memberikan keragaman pada keragaan tanaman M1. Berdasarkan pengamatan di lapangan telah ditemukan adanya perbedaan morfologi dari kotiledon kecambah dan daun pertama tanaman kedelai (Gambar 1). Benih yang telah diiradiasi dosis tinggi menghasilkan kecambah dengan kotiledon

lebih tebal dan lebar dibandingkan kontrol. Selain itu, bentuknya lebih bulat dan pada ujungnya terdapat spot putih. Spot putih ini kemungkinan karena adanya kerusakan kloroplas akibat iradiasi. Efek iradiasi dapat terjadi di luar kromosom atau pada sitoplasma, yaitu berupa kerusakan kloroplas dan mitokondria (Van Harten, 1998). Sedangkan daun kotiledon kecambah kontrol bentuknya lonjong, tipis dan berwarna hijau merata pada seluruh bagian kotiledon.



Gambar 1. Profil kotiledon kontrol (A1) dan teriradiasi (A2) serta daun pertama pada tanaman kontrol (B1) dan teriradiasi (B2) pada kecambah varietas Anjasmoro

Begitu juga dengan daun yang dihasilkan, pada tanaman kontrol permukaan daun kedelai berwarna hijau sedangkan pada perlakuan (dosis 100 sampai 400 Gy) daun pertama yang keluar berwarna hijau tetapi pada permukaannya dipenuhi dengan bintik-bintik putih. Hal ini diduga pada benih yang diiradiasi mengalami kerusakan kloroplas. Sedangkan pada iradiasi dosis tinggi,

pemunculan daun pertama mengalami penghambatan sehingga tinggi tanaman sangat rendah meski sudah beberapa minggu dalam persemaian. Pada penanaman di lahan produksi, benih kedelai yang diiradiasi sinar gamma dosis tinggi tidak mengalami pertumbuhan dan sebagian besar (97%) mengalami kematian.

Pengaruh iradiasi terhadap daya tumbuh dan kemampuan bertahan hidup disajikan pada Tabel 1. Perlakuan iradiasi mengakibatkan daya tumbuh benih mengalami penurunan. Penurunan daya tumbuh tidak sejalan dengan kenaikan dosis iradiasi, melainkan acak. Hal yang sama juga dilaporkan Ciftci *et al.* (2006) bahwa pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap daya berkecambah kacang kapri bervariasi, tergantung pada varietas yang digunakan, bahkan penggunaan dosis tinggi dapat meningkatkan daya berkecambah benih.

Akan tetapi, banyak penelitian melaporkan hal yang tidak demikian, seperti Satpute dan Fultambkar (2012) pada kedelai, Lal *et al.* (2009) pada kacang hitam, dan Shah *et al.* (2008) pada *chickpea*, yang menyatakan bahwa viabilitas benih dapat semakin menurun searah dengan peningkatan dosis iradiasi. Penurunan daya tumbuh benih akibat perlakuan induksi mutasi kemungkinan disebabkan oleh terjadinya kerusakan komponen pokok sel atau perubahan aktivitas enzim pada tanaman kacang hijau (Khan dan Goyal, 2009).

Tabel 1. Pengaruh iradiasi terhadap persentase daya tumbuh dan bertahan hidup

Iradiasi (Gray)	Anjasmoro		Burangrang	
	Daya tumbuh <sup>14HST</sup> (%)	Bertahan hidup <sup>72HST</sup> (%)	Daya tumbuh <sup>14HST</sup> (%)	Bertahan hidup <sup>72HST</sup> (%)
0	81.54	98.35	88.78	95.37
200	76.39	32.73	74.65	5.58
250	77.24	52.34	78.21	25.44
300	73.72	44.86	75.00	25.46
350	80.45	67.95	79.38	74.79
400	75.96	34.70	71.15	3.94
1000	62.72	0	55.13	0

Begitu juga dengan kemampuan bertahan hidup tanaman. Perlakuan iradiasi mengakibatkan kemampuan bertahan hidup tanaman berkurang. Meskipun tidak terlihat sejalan dengan dosis iradiasi, tetapi antar perlakuan terlihat bahwa semakin tinggi dosis iradiasi kemampuan bertahan hidup tanaman mengalami peningkatan dan turun drastis pada dosis 400 Gy. Hal ini tidak sejalan dengan banyak penelitian sebelumnya, yaitu seperti Satpute dan Fultambkar (2012), bahwa iradiasi dapat menurunkan kemampuan bertahan hidup

tanaman kedelai. Xiang *et al.* (2002) menjelaskan bahwa sinar gamma adalah mutagen yang mempunyai energi radiasi yang dapat menyebabkan kerusakan pada ikatan kovalen atau ikatan hidrogen pada molekul/biomolekul di sel yang dapat menghasilkan kerusakan pada tingkat kromosom, gen, dan berakhir dengan kematian sel.

Dosis iradiasi 1000 Gray digunakan sebagai kontrol alat Gamma Chamber untuk memastikan alat radiasi berfungsi dengan baik. Menurut teori, penggunaan dosis

### WARID. *et al.* Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) ...

iradiasi 1000 Gy dapat mengakibatkan tanaman mengalami kematian sehingga dengan penggunaan dosis tersebut jika tanaman yang teriradiasi masih hidup normal maka irradiator (Gamma Chamber) yang digunakan perlu dipertanyakan efektivitasnya dalam memancarkan gelombang radiasi. Percobaan dengan menggunakan dosis 1000 Gy, pada awalnya benih masih dapat

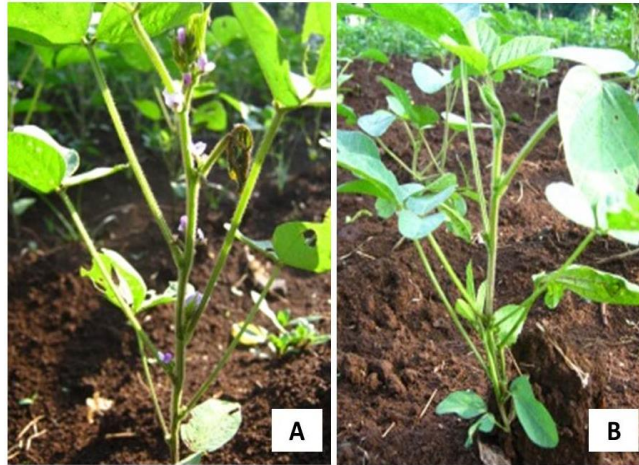
berkecambah, namun setelah beberapa hari kecambah tersebut tidak menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan yang baik. Kecambah-kecambah dari kedua varietas yang digunakan mengering dan mati (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi pada dosis tinggi dapat melukai bahkan membunuh benih (Mudibu *et al.*, 2012).



Gambar 2. Keragaan kecambah yang diiradiasi sinar gamma dosis 1000 Gy pada varietas Anjasmoro

Berdasarkan Tabel 1 di atas juga dapat dikatakan bahwa kedelai varietas Burangrang lebih sensitif terhadap perlakuan iradiasi. Varietas Burangrang memiliki ketahanan hidup yang lebih rendah dibandingkan Anjasmoro hampir pada semua dosis perlakuan iradiasi, kecuali pada dosis 350 Gy. Varietas Burangrang pada dosis 350 Gy memiliki kemampuan rata-rata bertahan hidup yang paling tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifat acak iradiasi yang pada saat pemberian dosis 350 Gy tidak banyak menghasilkan kerusakan materi genetik sehingga benih masih dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Iradiasi sinar gamma juga dapat menyebabkan tanaman mengalami umur berbunga yang lebih lama dibandingkan tanaman kontrol. Perbedaan umur muncul bunga pada tanaman kontrol (A1) dan teriradiasi (A2) dapat dilihat pada Gambar 3. Selain itu, iradiasi sinar gamma juga dapat menyebabkan polong yang terbentuk menjadi hampa bahkan tanaman tidak dapat menghasilkan bunga dan polong sama sekali (Gambar 4). Umur muncul bunga yang lebih lambat memungkinkan tanaman untuk memperbanyak asimilat saat masa vegetatif sehingga diharapkan ketika memasuki masa generatif, asimilat yang terkumpul dapat memaksimalkan produksi biji.



Gambar 3. Perbedaan waktu kemunculan bunga antara tanaman kontrol (A) dengan teriradiasi (B) pada umur 35 HST varietas Anjasmoro

Menurut karakteristik varietas, kedelai Anjasmoro dan Burangrang memiliki umur berbunga yang sama. Namun, pada percobaan ini varietas Burangrang berbunga lebih cepat 3 hari dibandingkan varietas Anjasmoro. Iradiasi sinar gamma mempengaruhi waktu berbunga pada kedua varietas kedelai yang digunakan dalam percobaan. Pada kedelai yang teriradiasi waktu muncul bunga lebih lambat sekitar 14

hari dibandingkan tanaman kontrol. Keterlambatan waktu berbunga dapat mempengaruhi umur panen tanaman sehingga dengan semakin dalam umur panen kedelai diharapkan semakin banyak fotosintat yang dapat digunakan untuk mengisi polong-polong yang terbentuk. Semakin bernas polong yang dihasilkan, secara tidak langsung dapat meningkatkan produktivitas tanaman kedelai.



Gambar 4. Pengaruh iradiasi terhadap peningkatan polong hampa (A) dan tidak berbunga sama sekali (B) pada M1 varietas Anjasmoro (dosis 200 Gy, umur 72 HST)

**WARID. et al. Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma pada Generasi Pertama (M1) ...**

Iradiasi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap varietas kedelai yang digunakan. Varietas Anjasmoro memiliki nilai yang lebih baik pada hampir semua karakter pengamatan dibandingkan varietas Burangrang (Tabel 2). Karakter-karakter agronomi juga terpengaruh iradiasi. Dalam percobaan ini dilakukan pengamatan beberapa karakter agronomi kedelai akibat iradiasi yaitu tinggi tanaman, jumlah polong (bernas, hampa, dan total), dan jumlah biji. Iradiasi mempengaruhi karakter agronomi pada generasi M1 (Tabel 2). Hampir semua karakter pada tanaman kontrol menunjukkan nilai pengamatan yang lebih baik dibandingkan perlakuan iradiasi. Iradiasi pada benih dapat menurunkan tinggi tanaman, mengurangi jumlah polong bernas, jumlah polong total, meningkatkan jumlah polong hampa, dan mengurangi jumlah biji

yang terbentuk. Hal ini sejalan dengan penelitian Pavadai *et al.* (2010) dan Mudibu *et al.* (2012) pada tanaman kedelai, yang menunjukkan bahwa pada generasi M1 karakter agronomi yang diamati mengalami penurunan.

Iradiasi sinar gamma mengakibatkan kedua varietas kedelai mengalami pemendekan (Tabel 2). Tinggi tanaman yang hampir menyerupai tanaman kontrol dijumpai pada dosis 350 Gy. Semakin tinggi dosis iradiasi, rupanya tidak menunjukkan semakin pendek suatu tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi bersifat acak. Pengaruh iradiasi terhadap tinggi tanaman sudah sering terjadi pada komoditas lainnya, seperti laporan Neto *et al.* (1996) pada tanaman gandum yang diiradiasi gamma mengalami pengurangan tinggi tanaman.

Tabel 2. Pengaruh iradiasi terhadap karakter tinggi tanaman, jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, jumlah polong total, dan jumlah biji pada dua varietas kedelai nasional pada generasi M1

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah polong			Jumlah biji
		Bernas	Hampa	Total	
Varietas					
Anjasmoro	32.18a	16.5a	16.6a	33.2a	24.6a
Burangrang	23.77b	10.8a	11.5a	21.9b	13.4b
Dosis iradiasi (Gray)					
0	37.85a	46.7a	12.8b	59.5a	73.6a
200	24.90c	5.3cd	10.4c	15.7c	5.5cd
250	25.51c	5.1cd	15.0ab	20.1bc	6.1c
300	24.66c	7.6c	10.4c	17.9c	9.3bc
350	30.87b	13.3b	23.7a	37.0b	16.0b
400	24.04c	2.7d	12.9b	14.8c	3.6d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5% berdasarkan DMRT.

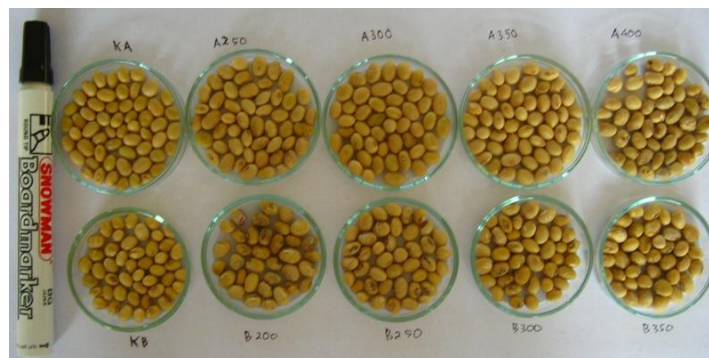


Pengamatan terhadap karakter jumlah polong dapat dilihat pada tabel 2 bahwa perlakuan iradiasi sangat berpengaruh terhadap jumlah polong (bernas, hampa, dan total). Jumlah polong bernas terlihat mengalami penurunan yang drastis dibandingkan kontrol, sedangkan jumlah polong tanaman perlakuan hampa mengalami peningkatan dibandingkan kontrol. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Satpute dan Fultambar (2012) yang menyatakan bahwa mutasi induksi baik secara fisik maupun kimia dapat meningkatkan sterilitas polen sehingga jumlah polong hampa mengalami peningkatan.

Pengamatan terhadap jumlah biji dilakukan dengan maksud untuk mengetahui banyaknya biji dalam polong setiap tanaman. Pengamatan tersebut diharapkan dapat menemukan galur baru yang memiliki jumlah biji yang banyak dalam setiap polongnya. Generasi pertama setelah iradiasi ini (M1) ternyata belum dapat ditemukan kandidat tersebut. Rata-rata untuk karakter jumlah biji tiap tanaman masih lebih rendah dari tanaman control pada semua dosis iradiasi,

baik pada varietas Anjasmoro maupun Burangrang. Rendahnya jumlah biji setiap tanaman disebabkan oleh rendahnya jumlah polong bernas dan tingginya jumlah polong hampa dibandingkan kontrol.

Benih yang dihasilkan dari varietas kedelai Anjasmoro terlihat lebih baik dibandingkan Burangrang. Biji varietas Anjasmoro terlihat lebih bersih dan memiliki bentuk yang lebih sempurna dibandingkan Burangrang. Bentuk benih yang baik merupakan salah satu mutu fisik benih yang dapat menggambarkan viabilitas benih tersebut (Gambar 5). Benih pada dosis 200 Gy varietas Burangrang terdapat bercak hitam di bagian testa (kulit benih), sedangkan varietas Anjasmoro pada dosis 200 Gy tidak mampu menghasilkan benih. Berbeda halnya dengan benih yang dihasilkan pada dosis 400 Gy varietas Anjasmoro. Benih yang dihasilkan memiliki testa yang keputihan seperti terserang cendawan, sedangkan varietas Burangrang tidak mampu berproduksi pada dosis tersebut.



Gambar 5. Perbandingan keragaan benih yang dihasilkan M1 terhadap kontrol (A=Anjasmoro; B=Burangrang; Angka di belakang huruf merupakan dosis iradiasi)

## SIMPULAN

Dosis letal 50% untuk benih kedelai varietas Anjasmoro adalah 202.5 Gy. Iradiasi sinar gamma pada kedelai generasi M1 dapat mengakibatkan kerusakan kloroplas, waktu muncul bunga yang lebih lambat, menurunkan tinggi tanaman, menurunkan jumlah polong bernas, meningkatkan jumlah polong hampa, menurunkan jumlah polong total, menurunkan jumlah biji yang dihasilkan, dan meningkatkan umur panen tanaman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program IM-HERE batch 2c atas beasiswa dan bantuan biaya penelitian yang diberikan kepada penulis. Terima kasih juga kepada seluruh dosen pembimbing dan penguji atas sumbangsih saran dalam perbaikan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ciftci, C.Y., A.D. Turkan, K.M. Khawar, M. Atak, S. Ozcan. 2006. Use of gamma rays to induce mutation in four pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Turk J Biol* 30: 29-37.
- Jain, S.M. 2010. Mutagenesis in crop improvement under the climate change. *Romanian Biotechnological Letters* 15(2): 88-106.
- Khan S. & S. Goyal. 2009. Improvement of mungbean varieties through induced mutations. *African J Plant Sci* 3: 174-180.
- Lal, G.M., B. Toms, S.S. Lal. 2009. Mutagenic sensitivity in early generation in black gram. *Asian J Agri Sci* 1:9-11.

- Mudibu, J., K.K.C. Nkongolo, A.K. Mbuyi, R.V. Kizungu. 2012. Effect of Gamma Irradiation on Morpho-Agronomic Characteristics of Soybean (*Glycine max* L). *American Journal of Plant Sciences* 3: 331-337.
- Neto, A.T., C.E.O. Camargo, M.C. Alves, A.P. Junior, A.W.P.F. Filho. 1996. Plant height reduction and disease resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar IAC-18 by gamma radiation-induced mutations. *Brazilian Journal of Genetics* 19(2): 275-281.
- Pavadai, P., M. Girija, D. Dhanavel. 2010. Effect of gamma rays on some yield parameters and protein content of soybean in M2, M3, and M4 generation. *J Exp Sci* 1:08-11.
- Predieri, S. 2001. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 64: 185-201.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. Statistik Lahan Pertanian tahun 2009-2013. Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian.
- Satpute, R.A., R.V. Fultambkar. 2012. Effect of mutagenesis on germination, survival and pollen sterility in M1 generation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *International Journal of Recent Trends in Science and Technology* 2(3): 30-32.
- Shah, T.M., J.I. Mirza, M.A. Haq, B.M. Atta. 2008. Radio sensitivity of various chickpea genotypes in M1 generation i-laboratory studies. *Pak. J Bot* 40: 649-665.
- Soejono, S. 2003. Aplikasi mutasi induksi dan variasi somaklonal dalam pemuliaan tanaman. *J Litbang Pertanian* 22:70-78.
- Sopandie, D., Hamim, M. Jusuf, Supijatno. 1997. Toleransi tanaman kedelai terhadap cekaman air: uji lapang

- beberapa genotipe toleran. *Bul Agron* 25 (2): 10-14.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yunianti. 2012. *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta. 348 p.
- Tah, P.R. 2006. Studies on Gamma Ray Induced Mutation in Mungbean [*Vigna radiate* (L.) Wilezek]. *Asian J Plant Sci* 5: 61-70.
- Thilagavathi, C. & L. Mullainathan. 2011. Influence of Hysical and Chemical Mutagens on Quantitative Characters of *Vigna mungo* (L. Hepper). *Intern Multidisciplinary Research J* 1:06-08.
- Van Harten, A.M. 1998. *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications*. Cambridge University Press.
- Xiang, T.H., J.B. Yang, Q.S. Zhu, L. Li, D.H. Ni, X.F. Wang, D.N. Hang. 2002. Molecular biological effect of (CO)-C-60 gamma-ray irradiation on rice genome DNA. *Progress in Biochem Biophys* 29: 754-759.