

KETAHANAN GENOTIPE KEDELAI TERHADAP KEKERINGAN DAN KEMASAMAN, HASIL INDUKSI MUTASI DENGAN SINAR GAMMA.

Resistance of Mutations Induced Soybean Genotypes by Gamma Ray to Drought and Acidity

B.RINI WIDIATI GIONO^{1*)}, MUH. FARID BDR²⁾, AMIN NUR³⁾, MUCHTAR S. SOLLE²⁾, DAN IZDDIN IDRUS¹⁾.

¹⁾ Program studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian. YAPIM Maros. Sulawesi Selatan

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

³⁾ Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros.

ABSTRACT

The study aimed to classify soybean genotypes that are tolerant, moderate and sensitive to drought and acidity. The results are expected to give a contribution in the development of Soybean on dry land and acid soil. Increasing of genetic diversity was carried out through mutation induction by gamma ray in soybean seeds. The experiment was conducted in green house by using the method in the form of a two-factor factorial design laid out in the draft group. The first factor was the variety (V) which consisted of three kinds, namely soybean Menyapa varieties (v1), Orba (v2), and Tanggamus (v3). The second factor was the dose of gamma-ray irradiation (D) consisted of 4 doses of 0 Gy (d0), 25 Gy (d1), 50 Gy (d2), and 75 Gy (d3) at concentrations of PEG and Al which showed that the level of diversity the biggest concentration of 30 previous trials of PEG+10 ppm Al. The volume of nutrient solution (Hoagland's) maintained in accordance with the initial volume by adding distilled water, and the solution was maintained at pH 4 using NaOH and HCl 1N. The results showed that the grouping was based on drought tolerant and acidity as follows: genotypes tolerant were varieties Menyapa 50 Gy gamma irradiation, variety of Orba 25 Gy of gamma irradiation, gamma irradiation variety Tanggamus 0 Gy, 25 Gy, 50 Gy of gamma irradiation. Moderate genotype were varieties Menyapa 75 Gy of gamma irradiation, variety Orba 50 Gy, 75 Gy of gamma irradiation, variety Tanggamus 75 Gy of gamma irradiation; genotype susceptible were variety Menyapa 0 Gy, 25 Gy of gamma irradiation; variety Orba without gamma irradiation of 0 Gy.

Keywords: drought tolerant and acidity, soybean, genotype, and concentration of PEG and aluminium

PENDAHULUAN

Produksi kedelai saat ini masih jauh di bawah kebutuhan sekitar 2,4 juta ton setiap tahunnya. Produksi kedelai tahun 2011 sebesar 819,45 ribu ton biji kering, menurun sebanyak 87,59 ribu ton (9,66%) dibandingkan tahun 2010. Penurunan produksi kedelai diperkirakan terjadi karena turunnya luas panen seluas 68,79 ribu hektar (10,41%), sedangkan produktivitas mengalami kenaikan sebesar 0,11 kuintal ha⁻¹ atau 0,80% (BPS, 2011). Produksi kedelai di

dalam negeri nampaknya masih belum mengejar kebutuhan yang terus meningkat, produksi hanya mampu memenuhi sekitar 30% konsumsi domestik, sedangkan sisanya harus diperoleh melalui impor 2,08 juta ton tahun⁻¹ (BPS, 2011).

Untuk menurunkan volume impor kedelai pemerintah terus berupaya meningkatkan produksi terutama dengan memanfaatkan lahan-lahan marginal, seperti lahan kering, lahan kering-masam, lahan salin. Telah diidentifikasi lahan kering masam berdasarkan data sumber daya lahan eksplorasi skala 1:1.000.000, yaitu dari total lahan kering sekitar 148 juta ha dapat dikelompokkan menjadi lahan kering masam

^{*)} Alamat korespondensi:

Email : widiatirini@gmail.com

102,8 juta ha dan lahan kering tidak masam seluas 45,2 juta ha. Akan tetapi, usaha perluasan pertanaman pada areal bukaan baru sering menghadapi faktor pembatas ekologi, antara lain kekeringan, kemasaman dan kandungan Al yang tinggi (Mulyani, *et al.*, 2009).

Lahan kering di Indonesia didominasi oleh tanah masam Podsolik Merah Kuning yang tergolong dalam Ultisol. Tanah ini memiliki sifat buruk bagi tanaman akibat tingkat kemasaman dan kandungan Al yang tinggi. Kemasaman tanah dan kandungan Al yang tinggi dapat merusak perakaran tanaman sehingga kemampuan penyerapan air dan unsur hara terhambat, kandungan unsur hara makro dan mikro seperti N, P, K, Ca, Mg, dan Mo yang rendah, yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan mati (Ma, 2001; Marschner, 1995; Sutjahjo, 2006).

Upaya untuk mengatasi lahan masam dapat dilakukan dengan memperbaiki sifat fisik kimia tanah dengan pengapuran dan pemupukan dosis P tinggi serta penggunaan kultivar yang toleran kemasaman. Manipulasi sifat fisik kimia tanah melalui pengapuran dan pemupukan adalah upaya yang sangat mahal dan bersifat sementara sehingga usaha tani menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu, perbaikan varietas unggul dengan produksi tinggi meskipun dikembangkan pada lahan kering masam, merupakan metode yang tepat karena hasilnya yang permanen (dapat diturunkan pada generasi selanjutnya). Pemuliaan tanaman dengan induksi iradiasi sinar gamma terhadap benih dapat menyebabkan perubahan sifat morfologi, anatomi serta genetik yang diharapkan akan berguna untuk mendapatkan genotipe kedelai yang toleran terhadap lahan kering masam.

Hasil penelitian dengan menggunakan Al sebagai agen seleksi pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa varietas Wilis mampu beradaptasi pada lahan kering dan masam pada konsentrasi 75% Al. Genotipe yang tahan menghasilkan bobot kering akar lebih tinggi dan sebaliknya pada genotype yang rentan (Hanum *et al.*, 2007). Demikian pula terhadap toleransi kekeringan, diberikan PEG sebagai agen seleksi. Variasi genetik pada tanaman padi dengan menggunakan mutagen fisik sinar gamma (C_{60}) diarahkan pada perbaikan varietas padi umur genjah, toleran terhadap serangan patogen dan kekeringan serta

kualitas biji yang disenangi oleh konsumen (Hendarto dan Mugiono, 1996).

Metode penyaringan tanaman terhadap kekeringan dapat dilakukan pada fase kecambah dan fase pertumbuhan dan produksi dengan menggunakan larutan osmotikum yaitu larutan manitol atau larutan PEG. Hasil penelitian Yunita (2009) menyatakan bahwa seleksi toleransi terhadap kekeringan dapat menggunakan polyethylen glicol (PEG), dan untuk keracunan Al dengan meningkatkan kandungan Al pada media seleksi hingga ambang batas. Keberhasilan metode penyaringan dengan menggunakan larutan polyethylen glycol (PEG) ditentukan oleh spesies tanaman, keragaman genetik anggota populasi, dan potensial osmotik larutan (Soedjono, 2003).

Peluang dapat tidaknya terjadi mutasi dan persentasenya tergantung pada jumlah tanaman, umur tanaman, bagian tanaman, fase pertumbuhan dan lamanya penyinaran. Dosis iradiasi dibagi tiga yaitu tinggi (> 10 k Gy), sedang (1-10k Gy) dan rendah (<1 k Gy). Perlakuan dosis tinggi akan mematikan bahan yang dimutasi atau mengakibatkan sterilitas. Pada umumnya dosis yang rendah dapat mempertahankan daya hidup atau tunas, dapat memperpanjang waktu kemasakan buah dan sayur, serta meningkatkan kadar protein, pati, dan kadar minyak pada jagung, kacang dan bunga matahari. Tanaman mutan juga memiliki daya toleran yang lebih baik terhadap serangan patogen dan kekeringan (Soedjono, 2003).

Dosis iradiasi yang diberikan untuk mendapatkan mutan tergantung pada jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran, kekerasan dan bahan yang akan dimutasi (Soedjono, 2003). Perubahan sifat pada mutan mencapai 95-98%, umumnya dari sifat dominan ke resesif. Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan kajian ketahanan genotipe kedelai terhadap kekeringan dan kemasaman, hasil induksi mutasi dengan sinar gamma.

BAHAN DAN METODE

Untuk mendapatkan acuan varietas tanaman kedelai yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan kemasaman, pada tahap awal dilakukan uji pendahuluan (preliminary test). Selain untuk mendapatkan acuan, uji pendahuluan ini juga bertujuan

untuk mendapatkan konsentrasi PEG dan Al yang tepat yang akan digunakan sebagai perlakuan. Uji pendahuluan dilakukan terhadap benih kedelai yang telah diinduksi sinar gamma dan diberi tekanan 4 konsentrasi perlakuan PEG dan Al pada fase kecambah hasilnya adalah genotipe toleran yaitu varietas Menyapa iradiasi gamma 25 Gy, 50 Gy, 75 Gy; varietas Orba iradiasi gamma 25 Gy, 50 Gy, dan 75 Gy; varietas Tanggamus iradiasi gamma 0 Gy, 25 Gy, 50 Gy, dan 75 Gy (Rini, *et al.*, 2011).

Penelitian dilaksanakan di rumah percobaan, program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, yang berlangsung dari September 2012 sampai Februari 2013. Metode percobaan dilaksanakan dalam bentuk rancangan faktorial dua faktor yang disusun dalam rancangan kelompok. Faktor pertama adalah varietas (V) yang terdiri atas 3 macam varietas kedelai yaitu Menyapa (v_1), Orba (v_2), dan Tanggamus (v_3). Faktor kedua adalah dosis iradiasi sinar gamma (D) yang terdiri atas 4 dosis yaitu 0 Gy (d_0), 25 Gy (d_1), 50 Gy (d_2), dan 75 Gy (d_3) pada konsentrasi PEG dan Al yang memperlihatkan tingkat keragaman yang terbesar pada percobaan sebelumnya yaitu konsentrasi 30 PEG + Al 10 ppm. Berdasarkan jumlah yang dicobakan maka diperoleh 36 kombinasi perlakuan. Polybag yang telah berisi pasir dimasukkan ke dalam baskom yang berisi larutan Hoagland's dengan penambahan Al dan PEG. Volume larutan dipertahankan sesuai dengan volume awal dengan penambahan aquades, sedangkan pH 4 larutan dipertahankan dengan menggunakan NaOH dan HCl 1 N.

Variabel pengamatan yang diamati pada percobaan adalah sebagai berikut: panjang akar (cm), bobot kering tajuk/akar (g), bobot Tabel 1. Rata-rata indeks panjang akar, ratio bobot kering tajuk/akar, dan umur berbunga tanaman Kedelai.

kering tajuk dan akar (g), umur berbunga (hari), Indeks Toleransi (IT), Indeks Adaptasi (IA), dan Indeks Toleransi Cekaman (ITC). Analisis ragam dilakukan mengikuti (Gomez and Gomez, 2007). Untuk analisis Indeks Toleransi, Cekaman Indeks Adaptasi, dan Indeks Toleransi dilakukan dengan rumus masing-masing:

1. Indeks Toleransi Cekaman (ITC) (Fernandez, 1992)

$$ITC = \frac{Hc \times Hp}{(Hp)^2}$$

2. Indeks Adaptasi (IA) (Howeler, 1991)

$$IA = \frac{Hc \times Hp}{Hc \times Hp}$$

3. Indeks Toleransi (ITct) (Fernandez, 1992)

$$IT = \frac{Hc}{Hp} \times \frac{Hc}{Hct}$$

Keterangan: Hc (Hasil pada kondisi suboptimal); Hc (Rata-rata hasil pada kondisi suboptimal), Hp (Hasil pada kondisi optimal); Hp (Rata-rata hasil pada kondisi optimal); Hct (Hasil tertinggi pada kondisi suboptimal).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perlakuan konsentrasi PEG 30 gram + Al 10 ppm terhadap rata-rata indeks panjang akar kedelai pada varietas Menyapa (v_1) dengan nilai 104,12% (nilai mutlak 29,88 cm) lebih panjang dibanding varietas Orba (v_2) dan Tanggamus (v_3) dengan masing-masing nilai yaitu 92,19% dan 92,74% yang nilai mutlaknya 26,46 cm dan 26,62 cm. Sedangkan rata-rata indeks ratio berat kering tajuk/akar terbaik yaitu varietas Tanggamus dibanding varietas Menyapa dan Orba dengan nilai masing-masing yaitu 71,01%, 55,22% dan 55,78% yang nilai mutlaknya 5,92 g; 3,92g; 3,15 g (Tabel 1).

Pengamatan	Varietas (V)	Nilai Indeks	Nilai Mutlak
Indeks Panjang Akar	v_1	104,12 a	29,88
	v_2	92,19 b	26,46
	v_3	92,74 b	26,62
Indeks Ratio Bobot Kering Tajuk/Akar	v_1	52,22 b	3,92
	v_2	55,78 b	3,15
	v_3	71,01 a	5,92
Indeks Umur Berbunga	v_1	149,85 b	49,95
	v_2	177,61 a	59,20
	v_3	124,57 c	41,52

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom (a,b,c) berarti berbeda nyata pada uji JBD $\alpha=0,05$

Target utama dan pertama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman. Ujung akar dan akar cabang menebal sehingga translokasi unsur-unsur hara terganggu. Di tingkat molekuler, Al berhubungan dengan DNA sehingga interaksinya menghentikan sifat-sifat fitokimia dan fungsi biologis seperti menghentikan pembelahan sel pada meristem akar, perpanjangan sel dan sintesis DNA dan RNA (Oktavidiati, 2002). Varietas Tanggamus merupakan varietas toleran Al, hal ini sejalan dengan pendapat Hanum (2009) yang dalam penelitian menyatakan bahwa tanaman kelompok toleran Al memiliki kemampuan memulihkan dan menekan pengaruh buruk keracunan aluminium sehingga fungsi akar tidak terganggu. Pertumbuhan akar yang tidak

terganggu oleh keberadaan Al juga akan memiliki kemampuan untuk beradaptasi pada cekaman kekeringan. Hal inilah yang mengakibatkan kedelai toleran Al memiliki kemampuan untuk beradaptasi pada cekaman ganda Al dan kekeringan. Utama (2009) menyatakan bahwa dari beberapa varietas yang ditelitinya terlihat varietas Sedane Tinggi memperlihatkan berat kering akar yang sangat tinggi dibandingkan varietas lainnya, dimana pada kondisi tingkat kejenuhan Al 0% menghasilkan berat kering akar (BKA) sebesar 6,99 g dan berat kering tajuk (BKT) 8,90 g sedangkan pada kejenuhan Al 100% mampu menghasilkan BKA sebesar 4,11 g dan BKT 5,12 g jauh lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya.

Tabel 2. Rata-rata indeks berat kering tajuk dan akar tanaman Kedelai

Pengamatan	Varietas (V)	Radiasi (D)											
		Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai mutlak		
		d ₀			d ₁			d ₂			d ₃		
Bobot Kering Tajuk	v ₁	43,08	b _v 11,62	38,76	b _w 11,78	36,50	b _w 10,32	30,76	b _x 8,68				
	v ₂	33,99	c _x 9,27	34,97	c _x 9,03	44,12	a _w 6,63	48,91	a _v 9,00				
	v ₃	56,04	a _v 11,45	43,87	a _x 13,35	35,89	b _y 9,92	47,11	a _w 14,13				
Bobot Kering Akar	v ₁	75,00	b _w 3,15	60,36	b _x 3,40	93,69	a _v 3,22	69,83	b _w 2,82				
	v ₂	66,08	c _x 3,15	74,79	a _w 2,97	65,03	b _x 3,10	80,31	a _v 3,40				
	v ₃	81,03	a _v 3,13	73,39	a _w 2,67	44,60	c _x 2,07	39,51	c _x 2,13				

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom (a,b,c) dan baris (v,w,x,y) berarti berbeda nyata pada uji JBD =0,05

Hasil pengujian untuk rata-rata indeks berat kering tajuk kedelai menunjukkan bahwa varietas Tanggamus tanpa diirradiasi (v₃d₀) dan varietas Orba yang diirradiasi 75 Gy (v₂d₃) menghasilkan nilai tertinggi yang masing-masing secara berurutan sebagai berikut : 56,04% dan 48,91% dengan nilai mutlaknya 11,45 g dan 9,00 g , sedangkan untuk rata-rata indeks bobot kering akar kedelai menunjukkan bahwa varietas Menyapa yang diirradiasi 50 Gy (v₁d₂), varietas Orba yang diirradiasi 75 Gy (v₂d₃) dan Tanggamus tanpa diirradiasi (v₃d₀) menghasilkan bobot kering akar tertinggi dibanding perlakuan lainnya dengan nilai masing-masing 93,69%; 80,31% dan 81,03% yang nilai mutlaknya 3,22g; 3,40g dan 3,13g (Tabel 2).

Keracunan Al dikaitkan dengan perubahan morfologi akar. Secara singkat dapat dikatakan: akar melengkung, bengkok, retak, kecoklatan, ujung akar gemuk dan kaku (Utama, 2010). Varietas Menyapa, 50 Gy menghasilkan indeks berat kering akar tertinggi hal ini diduga bahwa (Felix dan Donald, 2002) pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kandungan Al tinggi, disebabkan kemampuan menghasilkan eksudat akar (dalam bentuk anion-anion asam organik, asam amino, purin, nukleotida, ion-ion anorganik, dan sebagainya) sehingga perakaran tanaman terhindar dari akibat buruk ion Al, akar sebagai fungsi penyerap hara dan air dapat menjalankan fungsinya. Kelarutan Al dalam larutan tanah akan meningkat dengan menurunnya nilai pH tanah. Al menghambat pertumbuhan tanaman

dengan mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan akar. Beberapa laporan menyatakan bahwa target utama dan pertama keracunan Al adalah jaringan akar tanaman. Ujung akar dan akar cabang menebal sehingga serapan dan translokasi unsur-unsur hara terganggu. Kemampuan akar genotipe Wilis untuk mampu beradaptasi dengan kandungan Al yang tinggi, sehingga tidak mengganggu fungsi akar. Kemampuan genotipe ini juga terlihat pada cekaman Al berat dan perlakuan cekaman kekeringan, dimana genotipe ini mengalami penurunan pertumbuhan akar yang paling kecil dibandingkan dengan lima genotipe (Hanum *et al.*, 2007).

Selain pengaruh dari Al juga dipengaruhi oleh iradiasi sinar gamma yang memiliki efek yang berbeda pada tanaman seperti perubahan biokimia dan fisiologis, pertumbuhan dan penghambatan perkecambahan. Penghambatan perkecambahan benih, pemanjangan akar dan tunas dari biji berkecambah (Issa *et al.*, 2011). Tetapi oleh Moussa (2011) menyatakan bahwa perlakuan dengan dosis rendah sinar

gamma (20 Gy) pada biji kedelai sebelum ditanam, dapat digunakan untuk meningkatkan toleransi kekeringan dan meminimalkan kehilangan hasil yang disebabkan oleh defisit air.

Kebanyakan sifat konstitutif yang menimbulkan efek resistensi kekeringan, secara operasional terutama melalui menghindari dehidrasi dan EUW. Contohnya adalah kedalaman akar, luas daun tanaman yang ditentukan oleh ukuran daun atau anakan, berbunga lebih awal, sifat permukaan daun dan bentuk morfologi dari sistem reproduksi yang kesuburannya dipengaruhi di bawah kondisi stress (Blum, 2011). Hasil pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa varietas Tanggamus dengan rata-rata indeks umur berbunga tercepat yaitu 124,57% (41,52 hari). Hal ini disebabkan umur berbunga dipengaruhi oleh pemberian PEG dan Al, yang mempengaruhi pembentukan bunga kedelai. Akibatnya umur berbunga antar varietas kedelai menunjukkan hasil yang berbeda nyata.

Tabel 3. Rata-rata indeks bobot biji, jumlah biji, dan jumlah polong tanaman Kedelai.

Pengamatan	Varietas (V)	Radiasi (D)									
		Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak
		d ₀		d ₁		d ₂		d ₃			
Indeks Bobot Biji	v ₁	31,31	b _{xw} 1,24	59,12	b _y 1,55	34,12	c _w 1,59	36,06	b _w 0,66		
	v ₂	27,06	c _y 0,94	98,96	a _v 0,88	58,38	b _x 1,57	65,97	a _w 1,03		
	v ₃	76,90	a _w 1,08	101,26	a _v 0,71	77,65	a _w 2,50	67,30	a _x 1,82		
Indeks Jumlah Biji	v ₁	103,17	a _w 21,67	20,00	c _y 10,67	31,62	c _x 27,67	110,19	a _v 19,83		
	v ₂	44,21	b _y 28,00	125,32	a _v 33,00	55,78	b _x 27,33	89,84	b _w 36,83		
	v ₃	39,62	c _x 21,00	72,66	b _w 15,50	85,26	a _v 44,33	22,15	c _y 17,50		
Indeks Jumlah Polong	v ₁	91,11	b _w 16,40	82,03	b _x 17,50	100,91	a _v 16,55	91,22	a _w 15,75		
	v ₂	87,11	c _w 15,77	92,09	a _v 15,72	87,55	b _w 15,82	93,46	a _v 16,20		
	v ₃	97,06	a _v 16,50	91,94	a _v 16,15	85,06	b _w 15,08	80,57	b _x 14,72		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom (a,b,c) dan baris (v,w,x,y) berarti berbeda nyata pada uji JBD =0,05

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian perlakuan PEG 30 g + Al 10 ppm masing-masing memperlihatkan rata-rata indeks bobot biji kedelai terbaik yaitu varietas Tanggamus yang diiradiasi 25 Gy (v₃d₁) dengan nilai 101,26% (nilai mutlaknya 0,71 g per tanaman); rata-rata indeks jumlah biji menunjukkan bahwa v₂d₁ (varietas Orba, 25 Gy) mampu menghasilkan yaitu 125,32% yang

nilai mutlaknya 33 biji per tanaman. Sedangkan varietas Menyapa yang diiradiasi 50 Gy mampu menghasilkan rata-rata indeks jumlah polong berisi per tanaman yaitu 100,91% yang nilai mutlaknya yaitu 16,55 jumlah polong per tanaman. Ojo dan Ayuba (2012) menyatakan bahwa keragaman genotipe kedelai terindikasi sangat signifikan dalam menanggapi stres aluminium yaitu

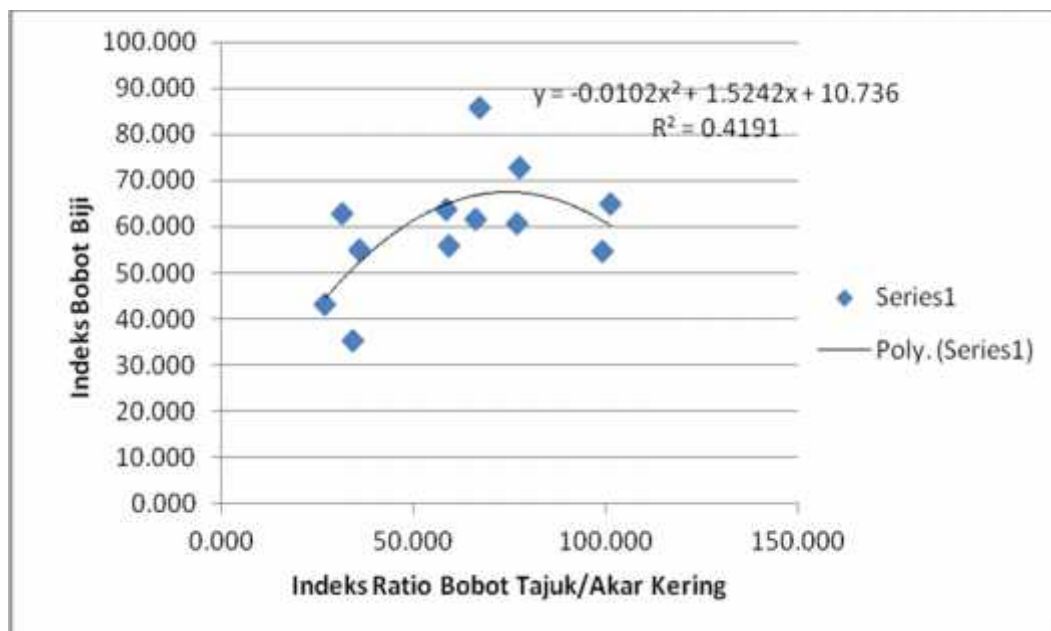
terhadap sifat (panjang akar primer, berat kering akar dan berat kering tajuk). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Utama (2009) menyatakan bahwa perbedaan setiap varietas terjadi karena setiap varietas padi, memiliki potensi genetik yang berbeda dalam merespon lingkungan tumbuhnya. Hanafiah (2010) menunjukkan bahwa pada dosis irradiasi 150 Gy meningkatkan jumlah polong tertinggi adalah sebanyak 27,33% dibandingkan dengan kontrol, sedangkan pada dosis irradiasi 200 Gy tidak membentuk polong. Hal tersebut diduga disebabkan tingkat keracunan aluminium menghambat

pertumbuhan akar yang menyebabkan berbagai deformasi akar, dan perubahan warna, pada akhirnya menghasilkan hasil gabah yang rendah pada tanah masam (Villagarcia, *et al.*, 2001). Kerusakan akar yang berkelanjutan menyebabkan rusaknya system penyerapan air dan mineral nutrisi (Barceló dan Poschenrieder, 2002). Pembatasan pertumbuhan akar karena keasaman pada subsoil mengurangi akuisisi nutrisi tanaman dan penyerapan air, yang berujung pada pengurangan hasil panen (Ferrufino *et al.*, 2000).

Tabel 4. Rata-rata indeks toleransi cekaman dan toleransi tanaman Kedelai

Pengamatan	Varietas (V)	Radiasi (D)											
		do			d1			d2			d3		
		Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak	Nilai Indeks	Nilai Mutlak		
Indeks Toleransi Cekaman	v1	0,27	b _x	0,31	0,21	c _w	0,67	0,34	c _w	0,34	0,63	b _v	0,36
	v2	0,22	c _y	0,27	1,56	a _v	0,99	0,58	b _x	0,58	0,94	a _w	0,66
	v3	0,77	a _w	0,77	0,89	b _v	1,01	0,78	a _w	0,78	0,30	a _x	0,67
Indeks Toleransi	v1	0,27	b _w	2,29	0,18	c _x	2,46	0,30	c _w	2,49	0,63	b _v	2,73
	v2	0,19	c _y	2,29	1,66	a _v	2,36	0,70	b _x	2,27	0,97	a _w	2,44
	v3	0,75	a _w	2,98	0,83	b _v	2,51	0,78	a _{vw}	2,55	0,28	c _x	3,28

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom (a,b,c) dan baris (v,w,x,y) berarti berbeda nyata pada uji JBD $\alpha=0,05$



Gambar 1. Hubungan antara indeks bobot biji dan indeks bobot kering tajuk/akar tanaman Kedelai

Hasil rata-rata indeks adaptasi (IA) tanaman kedelai terlihat bahwa perlakuan konsentrasi PEG 30 g + Al 10 ppm tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap semua perlakuan. Sedangkan rata-rata Indeks Toleransi (ITC) dan Indeks Toleransi(IT) terbaik diperoleh v₃d₁ (varietas Orba, 25 Gy) masing-masing yaitu 1,56 dan 1,66 (Tabel 4). Karakter panjang akar mengalami peningkatan dengan semakin meningkatnya stres kekeringan pada varietas toleran kekeringan (Kisman, 2010). Genotipe yang efisien umumnya mempunyai nisbah akar tajuk yang besar. Kuswanto (2010) melaporkan bahwa efek tanah masam menunjukkan respon pertumbuhan akar yang berbeda, di mana genotype toleran memiliki akar yang panjang dan genotype rentan mengalami pertumbuhan akar tertekan. Bentuk adaptasi tersebut dapat dipelajari melalui respon spesifik pada berbagai tingkatan seperti adanya perubahan anatomi, morfologi, fisiologi, biokimia dan molekuler (Bruce *et al.*, 2001). Tanaman dapat menghindari stres kekeringan dengan memaksimalkan penyerapan air (misalnya, penyerapan air tanah oleh akar) atau meminimalkan kehilangan air (misalnya, penutupan stomata, daun kecil) (Waseem, 2011).

Uji korelasi dimaksudkan untuk mengetahui keeratan hubungan antara parameter bobot biji kedelai terhadap parameter panjang akar, bobot kering tajuk dan akar, bobot kering tajuk/akar, umur berbunga, jumlah biji, jumlah polong. Adapun nilai korelasi ini didasarkan pada kemampuan tanaman menghasilkan biji kedelai pada perlakuan konsentrasi PEG 30 gram + Al 10 ppm sehingga merupakan gambaran daya hasil tanaman pada kondisi tercekam. Pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa nilai indeks panjang akar, bobot kering tajuk, bobot kering tajuk/akar nyata mempunyai hubungan yang nyata dengan terhadap bobot biji tanaman kedelai pada kondisi tercekam kekeringan dan kemasaman. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan panjang akar, bobot kering tajuk, dan ratio bobot kering tajuk/akar akan diikuti dengan peningkatan bobot biji kedelai. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 yang memperlihatkan terdapat hubungan antara indeks bobot biji dengan ratio bobot kering tajuk/akar tanaman kedelai.

Tabel 5. Nilai korelasi antara indeks bobot biji tanaman kedelai (y) terhadap indeks panjang akar, bobot kering tajuk dan akar, bobot kering tajuk/akar, umur berbunga, jumlah biji, jumlah polong, indeks toleransi cekaman dan indeks toleransi.

Parameter Pengamatan	Nilai r	
Indeks panjang akar	0,755	**
Indeks bobot kering tajuk	0,557	*
Indeks bobot kering akar	0,412	tn
Indeks bobot kering tajuk/akar	0,647	*
Indeks umur berbunga	0,067	tn
Indeks jumlah biji	0,114	tn
Indeks jumlah polong	0,032	tn
Indeks toleransi cekaman	0,784	**
Indeks toleransi	0,744	**

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa: genotype toleran: varietas Menyapa 50 Gy (v₁d₂), Orba 25 Gy (v₂d₁), Tanggamus 0 Gy (v₃d₀), Tanggamus 25 Gy (v₃d₁), Tanggamus 50 Gy (v₃d₂). Genotype moderat: Menyapa 75 Gy (v₁d₃), Orba 50 Gy (v₂d₂), Orba 75 Gy (v₂d₃), Tanggamus 75 Gy (v₃d₃). Genotype peka: Menyapa 0 Gy (v₁d₀), Menyapa 2,5 Gy (v₁d₁), Orba, 0 Gy (v₂d₀).

DAFTAR PUSTAKA

- Barcelo J and Poschenrieder C. 2002. Fast root growth responses, root exudates and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum toxicity and resistance: a review. *Environ Exp Bot.* 48: 75-92.
- Blum A. 2011. Plant breeding for water limited environments.' (Springer-Verlag: New York) In : The Blum A Drought Resistance – Is it Really a Complex Trait? *Functional Plant Biology*, 38, 753–757.
- BPS. 2011. *Data Strategis BPS*. Penerbit : Badan Pusat Statistik.
- Bruce WB, Edmeade GO, and Barker TC. 2001. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany* 53:13-25
- Felix DD and Donald AP. 2002. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environment. *Plant and Soil* 245: 35 – 47

- Fernandez GCJ. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Tolerance. P.257-270. In Kuo, C.G. (Ed). Adaptation of Food Crops to Temperatur and Water Stress. Proc. Of An Inter. Symp. Taiwan, 13–18 August 1992. AVRDC
- Ferrufino A, Smyth TJ, Israel DW, Carter TE. Jr. 2000: Root elongation of soybean genotypes in response to acidity constraints in a subsurface solution compartment. *Crop Science* 40:413 – 421
- Gomez KA dan Gomez AA. 2007. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian* (2nd eds). Penerbit Universitas Indonesia (UI-PRESS).
- Hanafiah S, Trikoesoemaningtyas, Sudirman Y, and Desta W. 2010. Induced mutations by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean (*Glycine max*) variety. *Bioscience Journal* 2(3): 121-125.
- Hanum C, Muqnisjahw Q, Yahya S, Sopandy SD, Idris SK dan Sahar AA. 2007. Pertumbuhan akar kedelai pada cekaman aluminium, kekeringan dan cekaman ganda aluminium dan kekeringan. *Agritrop* 26(1): 13–18.
- Hanum C, Muqnisjahw Q, Yahya S, Sopandy SD, Idris K dan Sahar AA. 2009. Penapisan kedelai toleran cekaman aluminium dan kekeringan, *Forum Pascasarjana* 32(4): 295-305 296.
- Hendarto and Mugiono. 1996. Present Status Of Plant Mutation Breeding In Indonesia. *Plant Mutation Breeding In Asia. Proc. Of. Plant Mutation Breeding Seminar, Beijing.* P.21-37
- Howeler RH. 1991. Identifying Plants Adaptable to low pH Conditions. P.885-904. *In: Plant-Soil Interaction at Low pH.* Wright *et al.* RJ. (Eds.). Kluwer Academic Publisher. Netherlands.
- Issa P, Mehdi B, Abolfaz T. and Mehdi J. 2011. The use of gamma irradiation in agriculture. *African Journal of Microbiology Research* 5(32): 5806-5811.
- Kisman. 2010. Karakter Morfologi Sebagai Penciri Adaptasi Kedelai Terhadap Cakaman Kekeringan. *Jurnal Agroteksos* 20(1):
- Kuswantoro H, Wijanarko A, Setyawan D, William E, Dadang A, Mejaya MJ. 2010 Soybean germplasms evaluation for acid tidal swamp tolerance using selection index. *International Journal of Plant Biology I* (2)1:e11/2237
- Ma JF, Peter RR, Emmanuel D. 2001. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in Plant Sci.* 6(6): 273–276.
- Marschner H.1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic press. London
- Mulyani A, Rachman A, Datrah A. 2009. Penyebaran Lahan Masam, Potensi dan Ketersediaannya Untuk Pengembangan Pertanian. *Buku Fosfat Alam: Pemanfaatan fosfat Alam Yang Digunakan Langsung Sebagai Pupuk Sumber P.* Penerbit Balai Penelitian Tanah (elektronik).
- Moussa HR. 2011. Low dose of gamma irradiation enhanced droughttolerance in soybean. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 17(1): 63-72
- Oktavidiati E. 2002. Mekanisme Toleransi Tanaman Terhadap Stres Aluminium. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana (Disertasi). IPB. Bogor. 702:1-21
- Ojo dan Ayuba. 2012. Screening of tropically adapted genotypes of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) for aluminium stress tolerance in short-term hydroponics. *Journal of Animal & Plant Sciences* 14(2): 1921-1930
- Pramono E, Ratresmi, Kamal M, dan Nurmauli N. 1993. Evaluasi daya tahan kering berbagai genotipe kedelai melalui uji perkecambahan dan pertumbuhan vegetatif. *Jurnal Litbang Wilayah Lahan Kering, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.*
- Rini BW, Farid B, Muchtar SS, Izzdin M. 2011. Toleransi kedelai terhadap kekeringan dan kemasaman, melalui induksi mutasi dengan sinar gamma pada fase kecambah. *J. Agrivigor* 11(1): 90-103.
- Soedjono S. 2003. Aplikasi mutasi induksi dan variasi somaklonal dalam pemuliaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian.* 22(2): 71-75.
- Sutjahjo SH. 2006. Seleksi *in vitro* untuk ketenggangan terhadap Aluminium pada empat genotype jagung. *Akta Agrosia* 9(2): 61-66.
- Utama MZH, HaryokoW, Munir R, Sunadi R. 2009. Penapisan varietas padi toleran salinitas pada lahan rawa, di Kabupaten Pesisir Selatan. *J. Agron. Indonesia* 37:101-106.
- Utama MZH. 2010. Penapisan varietas padi gogo toleran cekaman aluminium. *J. Agron. Indonesia* 38(3): 163-169.
- Vardar F, Arcan E and Gozukirmizi N. 2006. Effects ofaluminum on *in vitro* root growth and seed germination of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.).*Advances in Food Science* 28: 85-88.
- Villagarcia M, Carter Te Jr, Rufty TW, Niewoehner AS, Jennette MW, Arellano C. 2001. Genotypic rankings for aluminium tolerance of soybean roots grown in hydroponics and sand culture. *Crop Science* 41(5): 1499 –1507.
- Vose PB. 1990. Plant nutrition relationship at the whole plant level. *In: Baligar VC and Duncan RR. (Eds.) Crop as Enchaner of Nutrient Use.* Academic Press Inc. San Diego.

- Wasseem M, Ali A, Tahir M, Nadeem MA, Ayub M, Tanveer A, Ahmad, Randhussain M. 2011. Mechanism of drought tolerance in plant and its management through. *Continental J. Agricultural Science* 5(1): 10-25.
- Yunita R. 2009. Pemanfaatan variasi somaklonal dan seleksi in vitro dalam perakitan tanaman toleran cekaman abiotik. *Jurnal Litbang Pertanian* 28(4):