

Evaluation of Genetic Diversity and Heritability on Soybeans Agronomic Characters M4 Gamma Irradiation

Yunita Mahda Sari ¹⁾, Florentina Kusmiyati ²⁾, dan Syaiful Anwar ³⁾

^{1),2),3)} Agroecotechnology, Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Diponegoro University, Tembalang Campus, Semarang 50275 – Indonesia

*) Corresponding Email: yunitamahda@gmail.com

ABSTRACT

INFORMATION

Article history:

Received: 11 Januari 2021

Revised : 24 Februari 2021

Accepted: 26 Maret 2021

Published: 30 Maret 2021

DOI:

<https://doi.org/10.22219/jtcs.v3i1.10538>

© Copyright 2021, Yunita et al.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



The production of soybeans can be increased by breeding for tolerance soybeans in saline soil. Mutation by gamma rays is one of the breeding techniques that can modify a plant's genetics. The used soybeans were induced by gamma rays with dosis 160 Gy, 208 Gy, 256 Gy, 352 Gy, and 400 Gy. The research objective was to evaluate the genetic variability and heritability for some characters of M4 soybean mutations resulting from gamma irradiation mutations. The material used consisted of 18 genotypes of M4. This research was conducted at Agrotechopark, Faculty of Animal and Agricultural Science, Diponegoro University from July to November 2019. The experiment was arranged in a completely randomized design (CDR) monofactor with 18 genotypes of black soybeans and Detam-3 Prida as controls. The results showed that genetic diversity was observed in the overall character of plants except flowering age, number of empty pods, weight of one seed, and weight of 100 grains. Heritability showed a high heritability on the parameters of plant height, age of harvest, total number of seeds, number of filled pods, total number of pods, total pod weight, and total seed weight. The value of moderate heritability is found on the number of leaves. Then the low heritability is on the parameters of flowering age, number of empty pods, weight of 1 seed, and weight of 100 grains

Keywords : *Bud chip, NAA, Nitrogen Fertilizer, Sugarcane*

PENDAHULUAN

Kedelai hitam merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia. Kedelai hitam memiliki kandungan antosianin lebih tinggi dan daya simpannya yang lebih lama dibandingkan kedelai biasa. Kebutuhan kedelai akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia, namun produksi kedelai di Indonesia saat ini masih belum mampu

memenuhi kebutuhan. Kebutuhan kedelai nasional mencapai 2,2 juta ton per tahun, sedangkan produktivitas kedelai dalam negeri hanya 0,9 juta ton per tahun. Produksi tersebut hanya mampu menutupi kebutuhan kedelai sebesar 40% sehingga 60% harus ditutupi dengan impor (BPS, 2016). Produksi dan kualitas kedelai harus ditingkatkan seiring dengan

konsumsi kedelai yang terus meningkat pada setiap tahunnya. Kendala dalam budidaya tanaman kedelai salah satunya terletak pada kurangnya areal lahan pertanian. Perluasan lahan pertanian dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan marginal salah satunya tanah salin.

Perbaikan sifat kedelai toleran salin dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya dengan program pemuliaan tanaman melalui mutasi. Tujuan dalam melakukan mutasi adalah untuk memperbesar keragaman tanaman sehingga dapat dilakukan seleksi terhadap sifat atau karakter yang diinginkan meliputi morfologi tanaman maupun kandungan gizi tanaman (Sibrani *et al.*, 2015). Mutasi dapat dilakukan dengan cara iradiasi gamma. Iradiasi sinar gamma menyebabkan ionisasi sehingga terjadi pengelompokan molekul-molekul dan menyebabkan mutasi gen atau perubahan kromosom sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Aisyah *et al.*, 2019).

Upaya lanjutan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keragaman genetik dan sekaligus untuk menyeleksi adalah dengan metode *shuttle breeding*. *Shuttle breeding* adalah metode seleksi pemuliaan yang bertujuan untuk mendapatkan varietas tanaman yang tahan masalah biotik dan abiotik di wilayah yang luas dengan melakukan seleksi di lingkungan yang berbeda secara bergantian, dimana pada saat seleksi dilakukan pengamatan pertumbuhan tanaman kedelai

secara morfologi dan agronomi (Nur *et al.*, 2016). Keragaman genetik yang luas merupakan syarat berlangsungnya proses seleksi yang efektif karena akan memberikan keleluasan dalam proses pemilihan suatu genotip (Syukur *et al.*, 2010). Syarat lain agar proses seleksi efektif yaitu adanya nilai heritabilitas yang tinggi. Heritabilitas merupakan gambaran mengenai kontribusi genetik dan lingkungan terhadap suatu karakter yang terlihat di lapangan. Pewarisan suatu karakter tanaman dapat diketahui dari besarnya nilai heritabilitas. Besarnya nilai heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena dapat menjadi petunjuk suatu sifat dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau genetik (Kusuma *et al.*, 2016). Nilai duga heritabilitas terbagi menjadi rendah, sedang dan tinggi. Heritabilitas tinggi apabila $h^2 > 50\%$, sedang apabila $20\% < h^2 < 50\%$ dan rendah apabila $h^2 < 20\%$ (Syukur *et al.*, 2012). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji keragaman dan nilai duga heritabilitas pada kedelai hitam generasi M3.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli - November 2019. Percobaan dilaksanakan di lahan *Agrotechnopark* dan Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah. Materi penelitian adalah benih kontrol (Detam) dan genotip benih kedelai varietas Detam generasi M3 dan sebelumnya telah ditanam pada tanah salin di Rembang. Iradiasi

benih pada M1 dilakukan dengan penyinaran gamma dengan dosis gamma 160 Gy, 208 Gy, 256 Gy, 352 Gy, 400 Gy. Bahan lain yang digunakan adalah pupuk kandang, pupuk SP-36, KCl, dan urea. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) monofaktor dengan 18 genotipe kedelai hitam M3 hasil iradiasi gamma dan kontrol.

Penelitian dimulai dengan tahapan persiapan bahan tanam dan lahan percobaan. Persiapan lahan percobaan dilakukan dengan pengolahan lahan dan pembuatan bedengan ukuran 1,5 x 1,5 m sebanyak 19 bedengan. Tahapan selanjutnya merupakan penanaman dilakukan dengan menanam satu biji pada setiap lubang tanam dengan jarak tanam 30 x 30 cm. Perawatan tanaman kedelai dilakukan dengan pemupukan, penjarangan, penyulaman, penyiangan, penyiraman, dan pengendalian hama penyakit tanaman. Pemupukan dasar dilakukan dengan menggunakan pupuk kandang dan dilakukan 1 minggu sebelum penanaman. Pemupukan lanjutan tanaman kedelai diberikan sesuai rekomendasi yaitu urea 50 kg/ha, Sp-36 100 kg/ha, dan KCl 100 kg/ha (Permadi dan Haryati, 2016) dan dilakukan ketika tanaman berumur 4 minggu. Penjarangan dan penyulaman dilakukan 7 hari setelah tanam. Penyiangan gulma dilakukan satu minggu sekali, sedangkan penyiraman dilakukan satu hari kali

yaitu setiap pagi. Pengendalian hama penyakit tanaman dilakukan dengan penyemprotan pestisida. Tanaman kedelai tersebut diamati hingga panen. Panen dilakukan bertahap dengan memetik polong yang telah berwarna coklat dan memastikan biji tidak tercampur dengan genotip lainnya.

Parameter penelitian ini adalah tinggi tanaman, jumlah daun, umur daun, umur panen, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, jumlah polong pertanaman, jumlah biji total, bobot biji total, bobot polong total, bobot 1 biji, bobot 100 biji. Analisis sidik ragam (ANOVA) keragaan agronomi pada peubah genotipe kedelai hitam generasi M4 dilakukan dengan metode purposive sampling yaitu menyeleksi non acak dengan memilih 5 individu setiap genotipe yang memiliki jumlah biji terbanyak. Hasil sidik ragam tersebut kemudian digunakan untuk menghitung heritabilitas. Perhitungan heritabilitas menggunakan metode pendugaan komponen ragam hasil analisis ragam. Perhitungan heritabilitas menggunakan metode pendugaan komponen ragam hasil analisis ragam. Komponen ragam terdiri dari ragam genotipe (σ^2g), ragam fenotipe (σ^2p) dan ragam lingkungan (σ^2E). Analisis ragam menggunakan model acak satu lokasi dan satu musim dikemukakan pada Tabel 1. oleh Syukur dkk. (2012).

Tabel 1. Analisis ragam menggunakan model acak satu lokasi dan satu musim

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Nilai Tengah
Ulangan	(r-1)	JKK	KTU
Genotipe	(g-1)	JKG	KTG
Galat	(r-1)(g-1)	JKE	KTE
Ragam Genotipe (σ^2_g)	$= \frac{KTG - KTE}{r}$		
Ragam Lingkungan (σ^2_e)	$= KTE$		
Ragam Fenotipe (σ^2_p)	$= \sigma^2_g + \sigma^2_e$		
Heritabilitas (h^2)	$= \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_p} \times 100\%$		

Kriteria heritabilitas dibagi menjadi tiga yaitu :

$H \geq 50\%$ atau $H \geq 0,5$ = Tinggi

Untuk mengetahui apakah keragaman luas maupun sempit dilakukan dengan cara membandingkan ragam dengan standar deviasinya. Apabila nilai ragam lebih besar dari

$$\sigma^2_g = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left(\frac{KTG}{db_g + 2} + \frac{KTE}{db_g + 2} \right)}$$

Sedangkan untuk rumus standar deviasi fenotip adalah sebagai berikut :

$$\sigma^2_f = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left(\frac{KTE}{db_f + 2} \right)}$$

Keterangan :

- σ^2_g = Standar deviasi genotip
- σ^2_f = Standar deviasi fenotip
- r = jumlah ulangan,
- db_g = derajat bebas genotipe
- db_e = derajat bebas galat
- KTG = kuadrat tengah genotipe

$20\% < H < 50\%$ = Sedang

$H \leq 20\%$ atau $H \leq 0,2$ = Rendah

dua kali standar deviasi maka dinyatakan karakter yang diuji memiliki keragaman yang luas. Standar deviasi (SD) ragam genotip dihitung menggunakan :

KTU = kuadrat tengah galat

Kriteria keragaman genetik dan fenotip yaitu sebagai berikut :

$2g > 2 \cdot g$ = Keragaman genetik luas

$2g < 2 \cdot g$ = Keragaman genetik sempit

$2p > 2 \cdot f$ = Keragaman fenotip luas

$2p < 2 \cdot f$ = Keragaman fenotip sempit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Genetik

Perhitungan sidik ragam keragaman agronomi pada seluruh parameter tanaman kedelai hitam generasi M4 hasil iradiasi gamma ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Sidik Ragam seluruh Parameter Pengamatan Tanaman kedelai generasi M4 Hasil Iradiasi Gamma

Karakter	Nilai tengah	KT ulangan	KT genotipe	KK (%)
Tinggi tanaman	21,81	116,09	364,17	20,79
Jumlah daun	14,26	30,42 ^{ns}	118,09	31,45
Umur Berbunga	32,23	35,39 ^{ns}	80,48	17,95
Umur Panen	72,46	92,27 ^{ns}	318,77	10,02
Jumlah Biji Total	38,96	1331,49	4293,48	40,60
Jumlah Polong Isi	25,31	351,29	1418,14	42,65
Jumlah Polong Hampa	10,66	87,98 ^{ns}	223,62	84,70
Jumlah Polong Total	35,98	539,24 ^{ns}	1863,30	41,20
Bobot Polong Total	9,49	115,35 ^{ns}	1639,40	84,82
Bobot Biji Total	2,55	6,06	27,48	55,29
Bobot 1 Biji	0,12	0,0092 ^{ns}	0,0169 ^{ns}	76,93
Bobot 100 Biji	6,21	3,00 ^{ns}	12,76	35,42

Keterangan: (KT) kuadrat tengah, (KK) koefisien keragaman, (*) hasil f hitung signifikan taraf 5%, (ns) hasil f hitung non signifikan taraf 5%

Berdasarkan tabel tersebut terdapat pengaruh ulangan yang signifikan pada taraf 5% pada karakter tinggi tanaman, jumlah biji total, jumlah polong isi, bobot biji total hal tersebut menandakan adanya pengaruh ulangan atau populasi. Analisis sidik ragam untuk bobot 1 biji tidak signifikan untuk ulangan maupun genotip menunjukkan bahwa bobot 1 biji untuk kedelai hasil iradiasi gamma generasi M4 lebih dipengaruhi oleh lingkungan. Pengaruh genotipe yang signifikan pada taraf 5% terdapat pada parameter umur berbunga, sedangkan parameter tinggi tanaman, jumlah daun umur panen, jumlah biji total, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, jumlah polong total, bobot polong

total, bobot biji total, dan bobot 100 butir signifikan akibat pengaruh genotip. Nilai signifikan pada kuadrat tengah genotip menunjukkan bahwa terdapat minimal satu genotipe tanaman yang memiliki perbedaan nilai sehingga genotip tanaman tersebut dapat diteruskan untuk seleksi lebih lanjut. Nilai signifikan pada KT ulangan dan genotip seperti pada parameter tinggi tanaman, jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot biji total menunjukkan bahwa karakter kuantitatif yang dibawa oleh suatu tanaman akan tetap dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Syukur *et al.* (2012) menyatakan bahwa karakter kuantitatif pada tanaman umumnya dikendalikan oleh

banyak gen namun tetap dipengaruhi oleh lingkungan. Perhitungan nilai duga komponen ragam pada seluruh parameter tanaman kedelai

Detam-3 Prida generasi M4 hasil iradiasi gamma ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Duga Komponen Ragam seluruh Parameter Pengamatan Tanaman kedelai M4 Hasil Iradiasi Gamma

Karakter	σ^2e	σ^2g	$2 \sigma_{\sigma^2g}$	Nilai	σ^2f	$2 \sigma_{\sigma^2f}$	Nilai
Tinggi tanaman	20,56	68,72	50,24	L	89,28	1,48	L
Jumlah daun	20,12	19,58	16,98	L	39,7	1,44	L
Umur Berbunga	33,45	9,41	13,93	S	42,86	2,40	L
Umur Panen	52,75	53,21	45,74	L	105,96	3,79	L
Jumlah Biji Total	250,21	808,66	592,48	L	1058,87	17,98	L
Jumlah Polong Isi	116,57	260,32	196,81	L	376,89	8,38	L
Jumlah Polong Hampa	81,55	28,42	37,02	S	109,97	5,86	L
Jumlah Polong Total	219,72	328,72	261,67	L	548,44	15,79	L
Bobot Polong Total	5,28	15,10	11,16	L	20,38	0,38	L
Bobot Biji Total	1,97	5,11	3,81	L	7,08	0,15	L
Bobot 1 Biji	0,0084	0,0017	0,0032	S	0,01009	0,0006	L
Bobot 100 Biji	4,84	1,58	2,14	S	6,42	0,35	L

Keterangan: σ^2e = ragam lingkungan, σ^2g = ragam genotip, σ_{σ^2g} = standar deviasi ragam genotip, σ^2f = ragam fenotip, σ_{σ^2f} = standar deviasi ragam fenotip, L= luas, S= Sempit.

Berdasarkan tabel tersebut beberapa parameter tanaman memiliki pengaruh ragam fenotip lebih besar dibandingkan ragam genotip, hal tersebut ditunjukkan dengan hasil dua kali dari standar deviasi ragam genotipe bernilai sempit sedangkan standar deviasi fenotip luas. Luas atau sempitnya nilai komponen ragam genotipe dan fenotipe suatu karakter ditentukan berdasarkan analisis ragam genetik dan standar deviasi. Suatu karakter dinyatakan memiliki keragaman genetik dan keragaman fenotipe yang luas apabila ragam genetik dan ragam fenotipe lebih besar dua kali dari standar deviasi. Parameter tersebut adalah umur berbunga,

jumlah polong hampa, dan bobot 1 biji. Nilai duga komponen ragam fenotip lebih mendominasi menandakan bahwa karakter tanaman tersebut memiliki nilai keragaman genetik yang sempit karena karakter yang muncul lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Handayani dan Hidayat (2012) menyatakan bahwa nilai standar deviasi ragam fenotip lebih tinggi dibanding nilai standar deviasi ragam genotip menunjukkan bahwa nilai keragaman yang muncul lebih dominan dipengaruhi oleh faktor lingkungan dibandingkan faktor dari dalam atau genotip, sehingga seleksi pada karakter yang memiliki nilai standar deviasi

fenotip lebih besar dapat menyimpang atau tidak tepat.

Keragaman genetik yang luas terdapat pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, umur panen, jumlah biji total, jumlah polong isi, jumlah polong total, jumlah biji total, hal tersebut ditandai dengan nilai standar deviasi ragam genotipe tanaman yang memiliki nilai luas. Nilai ragam genotipe tinggi akan diikuti dengan nilai ragam fenotip yang tinggi juga. Syukur *et al.* (2010) menyatakan bahwa sifat tanaman yang memiliki keragaman genetik yang luas akan

memiliki keragaman fenotip yang luas, sedangkan apabila nilai sifat tanaman yang memiliki keragaman genetik sempit belum tentu memiliki keragaman fenotip yang sempit juga, hal tersebut dikarenakan keragaman fenotip dipengaruhi oleh keragaman genetik dan lingkungan.

Nilai Duga Heritabilitas

Nilai duga heritabilitas dalam arti luas seluruh parameter pengamatan tanaman kedelai generasi M4 hasil iradiasi gamma ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Duga Heritabilitas seluruh Parameter Pengamatan Tanaman kedelai generasi M4 Hasil Iradiasi Gamma.

Karakter	Heritabilitas (%)	Kriteria
Tinggi tanaman	76,93	Tinggi
Jumlah daun	49,32	Sedang
Umur Berbunga	21,90	Rendah
Umur Panen	50,21	Tinggi
Jumlah Biji Total	76,37	Tinggi
Jumlah Polong Isi	69,07	Tinggi
Jumlah Polong Hampa	25,84	Rendah
Jumlah Polong Total	59,94	Tinggi
Bobot Polong Total	74,06	Tinggi
Bobot Biji Total	72,13	Tinggi
Bobot 1 Biji	16,80	Rendah
Bobot 100 Biji	24,66	Rendah

Berdasarkan tabel tersebut nilai duga heritabilitas tinggi terdapat pada parameter tinggi tanaman, umur panen, jumlah biji total, jumlah polong isi, jumlah polong total, bobot polong total, dan bobot biji total. Nilai duga heritabilitas sedang terdapat pada parameter jumlah daun, sedangkan nilai heritabilitas rendah terdapat pada parameter umur berbunga, jumlah polong hampa, bobot 1 biji, dan bobot 100 butir. Nilai

heritabilitas didapatkan dari perbandingan ragam genotip dengan ragam fenotip. Kusuma *et al.* (2016) menyatakan bahwa Heritabilitas merupakan gambaran mengenai kontribusi genetik dan lingkungan terhadap suatu karakter yang terlihat di lapangan. Pewarisan suatu karakter tanaman dapat diketahui dari besarnya nilai heritabilitas. Besarnya nilai heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena dapat

menjadi petunjuk suatu sifat dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau genetik.

Nilai heritabilitas yang tinggi dapat disimpulkan bahwa karakter tersebut lebih dikendalikan oleh faktor genetik dibandingkan faktor lingkungan, suatu karakter tanaman yang dikendalikan oleh faktor genetik dapat menjadi pilihan bahan seleksi karena akan memungkinkan menurunkan karakter tersebut pada generasi selanjutnya. Barmawi *et al.* (2013) menyatakan bahwa nilai heritabilitas tinggi dapat menunjukkan bahwa sifat yang ada lebih dipengaruhi faktor genetik, sebaliknya apabila nilai heritabilitas rendah maka sifat tersebut lebih dipengaruhi faktor lingkungan. Nilai duga heritabilitas tinggi antara lain pada karakter jumlah biji total, jumlah polong total dan bobot biji total. Oktavianus *et al.* (2019) menyatakan kedelai generasi M4 varietas Anjasmara hasil iradiasi sinar gamma memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi pada karakter jumlah polong per tanaman serta bobot biji per tanaman. Bobot 100 biji merupakan salah satu karakter yang memiliki nilai heritabilitas rendah. Alfarsi *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai heritabilitas pada tanaman kedelai tinggi pada karakter tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong isi, jumlah polong per tanaman, jumlah biji pertanaman, bobot biji per tanaman. Nilai heritabilitas rendah terdapat pada karakter bobot 100 biji per tanaman. (Gahan dan George, 2008).

KESIMPULAN

Simpulan dari hasil penelitian adalah terdapat keragaman genetik sempit pada

karakter umur berbunga, umur panen. Nilai komponen ragam sempit terdapat pada karakter tanaman umur berbunga, jumlah polong hampa, bobot 1 biji, dan bobot 100 butir dan nilai heritabilitas rendah terdapat pada parameter umur berbunga, jumlah polong hampa, bobot 1 biji, dan bobot 100 butir.

SARAN

Saran yang diberikan adalah untuk kegiatan penelitian generasi selanjutnya hendaknya menggunakan hasil penelitian ini sebagai acuan memilih bahan seleksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. S., S. I. H. Aswidinoor, A. Saefuddin, dan B. Marwoto. 2009. Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma. *J. Agronomi*, 37 (1) : 62-70.
- Alfarsi, S., D. S. Hanafiah, dan E. H. Kardhianata. Pengamatan parameter genetik pada generasi M3 tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) berdasarkan tingkat kehijauan daun dan produksi tinggi. 6 (1) : 77-85.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. Produksi Padi, Jagung dan Kedelai di Indonesia. Retrieved From <http://www.bps.go.id> (13 Februari 2019).
- Barmawi, M., A. Yushardi, dan N. Sa'diyah. 2013. Daya waris dan harapan kemajuan seleksi karakter agronomi kedelai generasi F2 hasil persilangan antara Yellow Bean dan Taichung. *J. Agrotek Tropika*, 1 (1) : 20-24.
-

- Handayani, T. dan I. M. Hidayat. 2012. Keragaman genetik dan heritabilitas beberapa karakter utama pada kedelai sayur dan implikasinya untuk seleksi perbaikan produksi. *J. Hort.* 22 (4) : 327-333
- Kusuma, R., N. Sa'diyah, dan Y. Nurmiaty. 2016. Keragaman fenotipe dan heritabilitas kedelai (*Glycine max* L. Merrill) generasi F6 hasil persilangan Wilis x M1g2521. *J. Penelitian Pertanian Terapan*, 16 (2) : 85-93.
- Nur, A., M. Azrai, dan M. J. Mejaya. 2016. Pembentukan Varietas Unggul Gandum di Indonesia. IAARD Press, Jakarta.
- Oktavianus, G., D. S. Hanafiah, dan E. S. Bayu. 2019. Pengamatan parameter genetik kedelai [*Glycine max* (L.) Merril] generasi M4 pada kondisi optimum dan cekaman kekeringan. *J. Pertanian Tropik*, 6 (1):123-128.
- Permadi, K. dan Y. Haryati. 2016. Pemberian pupuk N, P, K berdasarkan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas kedelai. *J. Agrotop*, 5 (1) : 1-8
- Sibarani, I. B., R. R. Lahay, dan D. S. Hanafiah. 2015. Respon morfologi tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) varietas Anjasmoro terhadap beberapa iradiasi sinar gamma. *J. Online Agroekoteknologi*. 3 (2) : 515 – 526.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti, dan K. Nida. 2010. Pendugaan komponen ragam, heritabilitas, dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi cabai (*Capsicum annum* L.) populasi F5. *J. Hort. Indonesia*, 1 (2) : 74-80.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti. 2012. Teknik Pemuliaan Tanaman Penebar Swadaya, Jakarta.