

Uji Ketahanan Galur Mutan Kedelai Hitam (*Glycine max* L. Merr.) Terhadap Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura*)

Resistance Test of Black Soybean (Glycine max L. Merr.) Mutant Lines to Common Cutworm (Spodoptera litura)

Tarmizi^{1*}, S. W. Indiaty², M. Iqbal¹ dan W. Puspitasari¹

¹ Organisasi Riset Tenaga Nuklir, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan, 12440, Indonesia

² Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, 16911, Indonesia

* e-mail : tarm001@brin.go.id

ABSTRAK

Dalam budidaya kedelai, salah satu hama utama yang dianggap merugikan adalah ulat grayak (*Spodoptera litura*). Di Indonesia, serangan ulat grayak pada fase pertumbuhan vegetatif kedelai menurunkan hasil sampai dengan 80%, dan pada serangan yang berat dapat menyebabkan kegagalan panen. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketahanan terhadap ulat grayak pada galur-galur mutan kedelai hitam. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balitkabi Malang pada bulan November 2019 hingga Februari 2020. Materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini adalah 13 galur mutan kedelai hitam, varietas Detam 1 (tetua), varietas Mutiara 3 (kontrol nasional), G100H (kontrol pembanding tahan) dan varietas Anjasmoro (kontrol pembanding rentan). Penelitian disusun berdasarkan rancangan acak kelompok (RAK) dengan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Berdasarkan data akhir pengujian, dari 15 genotipe yang diuji, yaitu 11 galur mutan kedelai hitam A-1-PSJ, A-2-PSJ, A-3-PSJ, A-4-PSJ, A-7-PSJ, A-8-PSJ, A-8A-PSJ, B-2-PAIR, B-4-PAIR, varietas Detam 1, dan varietas Mutiara 3 menunjukkan respon ketahanan rendah (LR), 3 galur mutan kedelai hitam (B-1-PAIR, B-3-PAIR, B-5-PAIR) menunjukkan respon ketahanan menengah (MR), dan 1 galur mutan (A-5-PSJ) menunjukkan respon rentan (S) terhadap serangan ulat grayak. G100H sebagai kontrol tahan menunjukkan respon ketahanan menengah (MR) dan varietas Anjasmoro sebagai kontrol rentan menunjukkan respon ekstrim rentan (ES).

Kata kunci: kedelai, mutasi, galur mutan, ulat grayak, ketahanan hama

ABSTRACT

In soybean cultivation, one of the main pests that are considered detrimental is the armyworm (*Spodoptera litura*). In Indonesia, armyworm attack in the vegetative growth phase of soybeans reduces yields up to 80%, and in severe attacks can cause crop failure. This study aimed to identify resistance to armyworms in mutant lines of black soybean. The study was conducted in the Balitkabi greenhouse of Malang from November 2019 to February 2020. The genetic material used in this study were 13 black soybean mutant lines, Detam 1 variety (parent), Mutiara 3 variety (national check), G100H (resistant check) and Anjasmoro variety (susceptible check). The study was arranged based on a randomized complete block design (RCBD) with each treatment repeated 3 times. The result showed out of 15 genotypes, 11 black soybean mutant lines A-1-PSJ, A-2-PSJ, A-3-PSJ, A-4-PSJ, A-7-PSJ, A-8-PSJ, A-8A-PSJ, B-2-PAIR, B-4-PAIR, Detam 1, and Mutiara 3 showed low resistance response (LR), 3 black soybean mutant lines (B-1-PAIR, B-3-PAIR, B-5-PAIR) showed an intermediate resistance response (MR), and 1 mutant line (A-5-PSJ) showed a susceptible response (S) to armyworm attack. G100H as a resistant control showed a medium resistance response (MR) and Anjasmoro variety as a susceptible control showed an extreme susceptible response (ES).

Keywords: soybean, mutation, mutant lines, armyworm, pest resistance

PENDAHULUAN

Kedelai hitam (*Glycine max* L. Merr.) merupakan salah satu komoditas pangan yang penting untuk memenuhi kebutuhan pangan dan industri di Indonesia [1]. Kedelai hitam disukai sebagai bahan baku kecap karena selain mengandung protein yang tinggi juga dapat memberi warna hitam alami pada produknya [2]. Di beberapa negara Asia, kedelai hitam juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional karena kandungan zat anti oksidannya yang dipercaya memiliki khasiat untuk kesehatan [3].

Dalam budidaya kedelai, hama utama yang dianggap merugikan adalah ulat pemakan daun (*Spodoptera litura*, *Chrysodexis chalcites*, *Lamprosema indicata*, *Helicoverpa spp.*), kumbang daun (*Phaedonia inclusa*), pengisap daun (*Aphis glycines*, *Bemisia tabaci*), hama penggerek polong (*Helicoverpa sp.*, *Etiella spp.*) dan pengisap polong (*Riptortus linearis*, *Nezara viridula* dan *Piezodorus hubneri*) [4]. Ulat grayak merupakan hama penting kedelai yang bersifat polipag dan penyebarannya sangat luas. Ulat grayak mengakibatkan kerusakan pada 180 jenis tanaman, di antaranya adalah tanaman kedelai [5], [6], [7]. Di Indonesia, serangan ulat grayak pada fase pertumbuhan vegetatif kedelai menurunkan hasil sampai dengan 80%, dan pada serangan yang berat dapat menyebabkan kegagalan panen [8].

Secara ekonomi ulat grayak menyebabkan kerusakan yang nyata bagi inang, khususnya bila intensitas kerusakan daun mencapai lebih dari 30% [9]. Selain pada tanaman kedelai, tanaman inang ulat grayak adalah kacang tanah, kacang hijau, tembakau, cabai, bawang merah, ketela rambat, buncis, kacang panjang, bayam, dan talas [10]. Tanaman kedelai mampu mengkompensasi kehilangan daun, terutama jika serangan ulat grayak terjadi sebelum berbunga. Namun pada saat populasi tinggi, serangannya akan mengakibatkan defoliiasi yang parah dan menghambat pertumbuhan tanaman. Terjadinya serangan ulat grayak yang tinggi pada kedelai sangat dipengaruhi oleh keberadaan rerumputan di sekitar pertanaman kedelai [11]. Selain merusak daun, ulat grayak juga dapat merusak polong muda. Pada kondisi endemis, ulat grayak dapat menyebabkan defoliiasi/kerusakan daun hingga 100% dan merupakan kendala utama dalam mewujudkan potensi hasil kedelai [10], [12].

Upaya perbaikan karakter ketahanan kedelai dapat dilakukan salah satunya melalui aplikasi teknik mutasi pada pemuliaan tanaman. Teknik mutasi dengan radiasi gamma telah diaplikasikan untuk memperbaiki ketahanan terhadap hama dan penyakit pada beberapa tanaman [13].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi ketahanan galur mutan kedelai hitam terhadap ulat grayak. Diharapkan dengan diperolehnya ketahanan ulat grayak pada galur mutan kedelai hitam pada penelitian ini akan menjadi informasi yang berguna untuk program pemuliaan tanaman kedelai di masa yang akan datang.

BAHAN DAN METODE

Materi genetik yang digunakan adalah 17 genotipe kedelai, yang terdiri dari 13 galur mutan kedelai hitam (A-1-PSJ, A-2-PSJ, A-3-PSJ, A-4-PSJ, A-5-PSJ, A-7-PSJ, A-8-PSJ, A-8A-PSJ, B-1-PAIR, B-2-PAIR, B-3-PAIR, B-4-PAIR, B-5-PAIR), induk (varietas Detam 1), kontrol pembanding (varietas Mutiara 3), kontrol tahan ulat grayak (galur G100H) dan kontrol rentan ulat grayak (varietas Anjasmoro). Galur mutan kedelai hitam dalam penelitian ini merupakan galur mutan generasi lanjut hasil iradiasi sinar gamma Co-60 varietas Detam 1 dengan dosis 400 Gy. Percobaan dilakukan di rumah kaca Balitkabi Malang pada bulan November 2019 hingga Februari 2020. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok (RAK) dengan menggunakan genotipe sebagai perlakuan dan diulang 3 kali.

Genotipe kedelai ditanam dalam pot dengan diameter 30 cm, dimana masing-masing genotipe ditanam dalam pot sebanyak dua tanaman dan diulang tiga kali. Pemupukan dilakukan pada saat tanam dengan menggunakan pupuk 5 g urea, 10 g SP-36 dan 5 g KCl pada masing-masing pot. Penyiraman dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pengendalian hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) dilakukan setiap minggu dengan imidakloprit 2 ml/l sampai tanaman berumur tiga minggu, kemudian seluruh tanaman dimasukkan dalam rumah kaca dan dilakukan pengurangan dengan kain tile.

Infestasi larva *Spodoptera litura* instar tiga dilakukan pada tanaman berumur satu bulan. Setiap tanaman kedelai/pot diinfestasi larva instar tiga sebanyak 5 ekor/pot, kemudian tanaman dikurung dengan kain tile. Pengamatan intensitas serangan ulat grayak mulai umur 3 hari setelah infestasi

(HSI) dengan interval waktu tiga hari sampai daun tanaman salah satu genotipe habis (19 HSI). Intensitas serangan ulat dihitung berdasarkan metode skor, kemudian dimasukkan dalam rumus :

$$I = \sum \frac{nxv}{N \times V} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

I = intensitas serangan

N = jumlah daun dalam 1 tanaman

V = nilai skor tertinggi

n = jumlah daun dalam setiap kategori skor

v = kategori skor (0 sampai 4)

Skor yang digunakan adalah sebagai berikut:

Skor 0 = daun sehat

Skor 1 = $\leq 25\%$ luas daun terserang/rusak

Skor 2 = $\geq 25-50\%$ luas daun terserang/rusak

Skor 3 = $\geq 50-75\%$ luas daun terserang/rusak

Skor 4 = $\geq 75-100\%$ luas daun terserang/rusak

Tingkat ketahanan galur kedelai terhadap hama ulat grayak dikategorikan berdasarkan metode Standard Deviasi (SD) yang dikembangkan oleh Chiang dan Talekar, 1980 sebagai berikut [14]: **HR** (ketahanan tinggi): $I < (R - 2 SD)$;

MR (ketahanan menengah): $(R - 2 \times SD) < I < (R - SD)$;

LR (ketahanan rendah): $(R - SD) < I < R$;

S (rentan): $R < I < (R + SD)$;

HS (sangat rentan): $(R + SD) < I < (R + 2 \times SD)$;

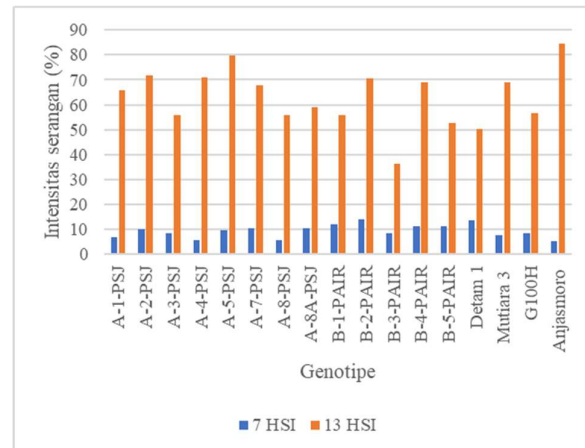
ES (ekstrem rentan): $I > (R + 2 \times SD)$.

Pengujian daya hasil dilakukan terhadap 13 galur mutan kedelai hitam, varietas Detam 1 (induk) dan varietas Mutiara 3 (kontrol nasional). Metode percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Ukuran petak penanaman adalah 3 x 4 m dengan jarak tanam 40 x 15 cm. Pengamatan dilakukan terhadap karakter tinggi tanaman (cm), umur panen (hari), jumlah polong dan potensi hasil (ton/ha).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala serangan ulat grayak mulai terlihat pada daun tanaman kedelai sekitar umur tiga minggu. Ulat instar 1 dan 2 masih mengelompok, memakan hijau daun dan menyisakan epidermis daun bagian atas, sehingga dari kejauhan daun tampak putih, karena daun yang terserang hanya tinggal tulang daunnya saja. Ulat instar 5 dan 6

memakan seluruh bagian daun terkecuali tulang daun, sehingga tampak lubang-lubang bekas gigitan pada daun. Selain daun, ulat instar 5 dan 6 juga memakan polong muda. Semakin tinggi tingkat instar, konsumsi daun yang dimakan semakin banyak, sehingga kerusakan yang ditimbulkannya semakin parah.



Gambar 1. Grafik intensitas serangan ulat grayak pada 17 genotipe kedelai pada 7 dan 13 hari setelah infestasi (HSI)

Galur mutan kedelai hitam pada penelitian ini menunjukkan respon ketahanan yang berbeda terhadap serangan ulat grayak pada setiap pengamatan. Pada pengamatan 7 HSI, serangan ulat grayak rendah berkisar antara 5-14% dengan nilai kerusakan rata rata sebesar 9,4%. Pada tahap serangan awal, ulat grayak instar 3 yang diinfestasi dalam proses adaptasi terhadap pakan yang diberikan, sehingga kemampuan makannya masih rendah, dan serangan yang diakibatkan juga rendah. Anjasmoro sebagai pembanding rentan terserang sebesar 5%, sedang pembanding tahan G100H sebesar 8% (Gambar 1).

Pada pengamatan 13 HSI, kerusakan tanaman meningkat tajam, kerusakan galur mutan kedelai hitam berkisar antara 36-84%. Kerusakan tanaman tertinggi 85% terdapat pada varietas pembanding rentan Anjasmoro. Sedangkan G100H sebagai pembanding tahan mengalami kerusakan sebesar 57%. Ada dua galur/varietas dengan kerusakan lebih rendah dari pembanding tahan G100H, yaitu varietas Detam 1 dan galur mutan harapan B-3-PAIR. Pada umur 13 HSI ulat yang diinfestasikan telah mencapai instar-5, yang

mempunyai aktivitas makan sangat tinggi. Ulat instar-5 dapat menimbulkan kerusakan tanaman yang tinggi dalam kurun waktu yang singkat.

Tabel 1. Intensitas serangan serangan ulat grayak pada 19 hari setelah infestasi pada 17 genotipe kedelai

No.	Genotipe	IS	Kategori
1	A-1-PSJ	67.0	LR
2	A-2-PSJ	73.9	LR
3	A-3-PSJ	64.5	LR
4	A-4-PSJ	74.9	LR
5	A-5-PSJ	80.9	S
6	A-7-PSJ	67.8	LR
7	A-8-PSJ	66.6	LR
8	A-8A-PSJ	69.2	LR
9	B-1-PAIR	59.5	MR
10	B-2-PAIR	73.1	LR
11	B-3-PAIR	57.2	MR
12	B-4-PAIR	76.5	LR
13	B-5-PAIR	58.4	MR
14	Detam 1	62.1	LR
15	Mutiara 3	74.3	LR
16	G100H (kontrol tahan)	67.8	LR
17	Anjasmoro (kontrol rentan)	85.5	ES

Keterangan:

IS: Intensitas serangan ulat grayak (%) pada 19 HSI, MR: ketahanan menengah, LR: ketahanan rendah, S: rentan, ES: ekstrim rentan.

Pada pengamatan yang terakhir (19 HSI), kisaran nilai kerusakan galur mutan kedelai hitam sebesar 57-85%,. Kerusakan tanaman tertinggi 85,5% terdapat pada varietas pembanding rentan Anjasmoro. Sedangkan G100H sebagai pembanding tahan mengalami kerusakan sebesar 67%. Pada pengamatan yang terakhir ini, Anjasmoro sebagai pembanding rentan menunjukkan respon ketahanan ekstrim rentan (ES), dan sebanyak dua ulangan dari varietas pembanding rentan Anjasmoro telah mengalami intensitas kerusakan tanaman >90% (tinggal tulang daunnya saja) sehingga pengamatan pada 19 HSI tersebut dianggap sebagai pengamatan yang terakhir. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Adie dkk. yang memperoleh respon ketahanan menengah (MR) pada G100H sebagai kontrol resisten, namun untuk untuk kontrol rentan

diperoleh hasil yang berbeda yaitu rentan menengah untuk varietas Anjasmoro [15].

Berdasarkan pengelompokan ketahanan, dari 13 galur mutan kedelai hitam yang diuji 9 galur mutan menunjukkan respon ketahanan rendah (LR), 3 galur mutan (B-1-PAIR, B-3-PAIR, B-5-PAIR) menunjukkan respon ketahanan menengah (MR), dan 1 galur mutan (A-5-PSJ) menunjukkan respon rentan (S) terhadap serangan ulat grayak (Tabel 1). Respon galur B-1-PAIR, B-3-PAIR, B-5-PAIR menunjukkan hasil yang serupa dengan respon G100H, bahkan intensitas serangan ulat grayak pada 19 HSI dari ketiga galur mutan lebih rendah dibandingkan intensitas serangan ulat grayak pada G100H.

Secara keseluruhan, mulai pengamatan 7 HSI sampai dengan 19 HSI, ada sebanyak 7 galur mutan kedelai hitam (A-1-PSJ, A-3-PSJ, A-7-PSJ, A-8-PSJ, B-4-PAIR), dan Mutiara 3 yang konsisten menunjukkan respon ketahanan setara dengan pembanding tahan G100H. Dua galur mutan kedelai hitam (B-3-PAIR dan B-5-PAIR) menunjukkan respon ketahanan lebih tinggi dari pembanding tahan G100H.

Respon galur kedelai yang berbeda-beda terhadap serangan ulat grayak tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah morfologi daun (bentuk daun, warna daun, kepadatan, posisi dan panjang trikoma, ketebalan daun serta ketebalan kutikula). Selain perbedaan morfologi daun, kandungan senyawa atau nutrisi pada daun kedelai juga dapat mempengaruhi tingkat serangan ulat grayak pada daun [16][17]. Genotipe G100H memiliki bentuk ketahanan antibiosis dan antixenosis (trikoma daun padat) dan berpeluang digunakan sebagai sumber tetua tahan dalam perbaikan ketahanan kedelai terhadap ulat grayak [18].

Pengamatan agronomi dilakukan terhadap 15 genotipe tanpa melibatkan dua genotipe kontrol ketahanan serangan ulat grayak (Tabel 2). Tinggi tanaman galur mutan berkisar antara 45,2 – 69,4 cm, sedangkan rerata tinggi tanaman tetua adalah 67,9 cm. Karakter tinggi tanaman dapat memberikan informasi tentang tegakan tanaman kedelai dan kemampuan tanaman dalam mengalokasikan fotosintat, semakin tinggi tanaman mengindikasikan alokasi fotosintat tanaman yang besar untuk batang [19].

Umur panen galur mutan dan varietas kontrol berkisar antara 84,0-91,7 hari. Menurut Adie, umur kedelai 80-85 hari tergolong umur

sedang, 86-90 hari tergolong dalam dan lebih dari 90 hari tergolong sangat dalam [20].

Tabel 2. Data agronomi 15 galur mutan dan dua varietas pembandingan di Balitkabi Malang

Genotipe	TT	UP	JP	PH
A-1-PSJ	65,0 ab	86,0 def	52,3 bcd	2,8 fg
A-2-PSJ	54,3 cde	84,0 f	71,3 a	3,0 d-g
A-3-PSJ	68,1 a	88,3 bcd	55,7 bcd	3,8 a
A-4-PSJ	59,5 bc	91,7 a	60,0 b	3,6 ab
A-5-PSJ	59,7 bc	90,7 ab	56,3 bc	3,2 b-f
A-7-PSJ	49,4 ef	87,0 cde	55,3 bcd	3,4 a-d
A-8A-PSJ	66,8 a	90,7 ab	56,3 bc	2,8 efg
A-8-PSJ	64,3 ab	87,3 cde	48,7 cde	3,2 b-f
B-1-PAIR	69,4 a	85,0 ef	44,3 ef	2,6 g
B-2-PAIR	56,9 cd	88,7 bc	53,0 bcd	3,0 c-g
B-3-PAIR	45,2 f	86,0 def	39,3 f	3,6 abc
B-4-PAIR	46,3 f	85,0 ef	54,3 bcd	3,4 a-d
B-5-PAIR	53,3 de	86,0 def	48,3 de	3,6 ab
Detam 1	67,9 a	88,7 bc	58,3 b	3,7 ab
Mutiara 3	67,1 a	88,7 bc	57,7 b	3,3 a-e

Keterangan:

TT: tinggi tanaman (cm), JP: jumlah polong, UP: umur panen (hari setelah tanam), PH: potensi hasil (ton/hektar). Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji beda nyata terkecil pada taraf 5%.

Jumlah polong isi merupakan karakter komponen hasil yang penting pada tanaman kedelai. Jumlah polong galur mutan berkisar antara 39,3-71,3, sedangkan jumlah polong varietas Detam 1 adalah 58,3 dan varietas Mutiara 3 sebesar 57,7.

Potensi hasil tertinggi di lokasi percobaan dimiliki oleh galur A-3-PSJ sebanyak 3,8 ton/ha, sedangkan potensi hasil terendah ditunjukkan oleh galur mutan B-1-PAIR yaitu 2,6 ton/ha. Potensi hasil galur A-3-PSJ lebih tinggi dibandingkan dengan varietas pembandingan yakni Detam 1 (3,7 ton/ha) dan Mutiara 1 (3,3 ton/ha) meskipun tidak berbeda nyata berdasar uji beda nyata terkecil. Di antara galur mutan yang memiliki ketahanan menengah terhadap ulat grayak, galur mutan B-3-PAIR memiliki potensi hasil tertinggi sebesar 3,6 ton/ha.

KESIMPULAN

Dari 13 galur mutan kedelai hitam yang diuji 9 galur mutan harapan menunjukkan respon ketahanan rendah, 3 galur mutan (B-1-PAIR, B-3-

PAIR, B-5-PAIR) menunjukkan respon ketahanan menengah, dan 1 galur mutan (A-5-PSJ) menunjukkan respon rentan terhadap serangan ulat grayak. Respon ketahanan galur B-1-PAIR, B-3-PAIR, B-5-PAIR menunjukkan hasil yang serupa dengan respon ketahanan kontrol pembandingan tahan G100H. Di antara ketiga galur dengan respon ketahanan rendah tersebut, galur mutan B-3-PAIR memiliki potensi hasil tertinggi sebesar 3,6 ton/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi (PRTPR), Organisasi Riset Teknologi Nuklir (ORTN), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Badan Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) Malang yang telah memfasilitasi kerjasama penelitian ini. Terima kasih pula pada tim kedelai dan teknisi di Balitkabi yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Singh, A., dan Chaturvedi, N. "A Treasure of Nutrition and Health Benefits of Black Soybean: A Review". *Plant Archives*, 22(2), 55-57, 2022.
- [2] Susanto, Gatut Wahyu Anggoro, and Novita Nugrahaeni. "Pengenalan dan Karakteristik Varietas Unggul Kedelai." *Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi* 1-2, 2017.
- [3] Choi, Y. M., Yoon, H., Shin, M. J., Lee, Y., Lee, S., Hur, O. S., dan Desta, K. T. "Differences in Cotyledon Color and Harvest Period Affect the Contents of Major Isoflavones and Anthocyanins in Black Soybeans". *Plant Breeding and Biotechnology*, 9 (1), 65-76, 2021.
- [4] Marwoto, S.W. Indiaty, "Strategi Pengendalian Hama Kedelai Dalam Era Perubahan Iklim Global," *Iptek Tanaman Pangan*, vol. 4, no. 1, pp. 94-103, 2009.
- [5] Acharya, R., Akintola, A. A., Malekera, M. J., Kamulegeya, P., Nyakunga, K. B., Mutimbu, M. K., dan Lee, K. Y. "Genetic

- Relationship of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Populations that Invaded Africa and Asia". *Insects*, 12(5), 439, 2021.
- [6] Ayra-Pardo, C., dan Borrás-Hidalgo, O. "Fall armyworm (FAW; Lepidoptera: Noctuidae): Moth Oviposition and Crop Protection". Dalam *Olfactory Concepts of Insect Control-Alternative to Insecticides* (pp. 93-116). Springer, 2019.
- [7] Workman, M. J., Gomes, B., Weng, J. L., Ista, L. K., Jesus, C. P., David, M. R., dan Hurwitz, I. "Yeast-encapsulated Essential Oils: A New Perspective As An Environmentally Friendly Larvicide". *Parasites & vectors*, 13(1), 1-9, 2020.
- [8] Marwoto, Suharsono, "Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) Pada Tanaman Kedelai, *J. Litbang Pertanian*, vol 27, No. 4, pp. 131-136, 2008.
- [9] M. Arifin, "Bioinsektisida SLNPV Untuk Mengendalikan Ulat Grayak Mendukung Swasembada Kedelai," *Pengembangan Inovasi Pertanian*, vol. 5, no. 1, pp. 19-31, 2012.
- [10] Sarjan, M. "6. Potensi Insektisida Non-Kimiawi Sintetik dalam Konservasi Predator Ulat Grayak (*Spodoptera litura* f.) pada Tanaman Kedelai." *Agroteksos* 13.4: 207-213, 2018.
- [11] B. Hadi, J. Bradshaw, J. Knodel. Northern Plains Integrated Pest Management Guide. [https://wiki.bugwood.org/NPIP:Armyworms_\(soybean\)#Northern_Plains_Integrated_Pest_Management_GuideIPM](https://wiki.bugwood.org/NPIP:Armyworms_(soybean)#Northern_Plains_Integrated_Pest_Management_GuideIPM), 2016. Diakses 20 September 2022.
- [12] Di Mauro, G., Cipriotti, P. A., Gallo, S., & Rotundo, J. L.. "Environmental and Management Variables Explain Soybean Yield Gap Variability in Central Argentina". *European Journal of Agronomy*, 99, 186-194, 2018.
- [13] M.D.D.L. Riviello-Flores, J. Cadena-Iñiguez, L.D.M. Ruiz-Posadas, M. Arévalo-Galarza, I. Castillo-Juárez, M.S. Hernández, C.R. Castillo-Martínez, "Use of Gamma Radiation for the Genetic Improvement of Underutilized Plant Varieties," *Plants*, vol. 11, no. 9, pp. 1161, 2022.
- [14] Boethel, D. J. "Assessment of Soybean Germplasm for Multiple Insect Resistance". Dalam *Global plant genetic resources for insect-resistant crops* (pp. 101-129). CRC Press, 2019.
- [15] M.M. Adie, A. Krisnawati, Y. Baliadi, "Evaluation for Soybean Resistance to Armyworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)," In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 484, no. 1, p. 012020. IOP Publishing, 2020.
- [16] K.M. Komatsu, M. Takahashi, Y. Nakazawa, "Genetic Study on Resistance to the Common Cutworm and Other Leaf-Eating Insect in Soybean," *Japan Agricultural Research Quarterly*, vol. 44, pp. 117-125, 2010.
- [17] A.P. Widyasakta, Ketahanan Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Terhadap Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Berdasarkan Karakter Anatomi Daun. Skripsi. 2018
- [18] M.M. Adie, A. Krisnawati, A.Z. Mufidah, "Derajat Ketahanan Genotipe Kedelai terhadap Hama Ulat Grayak," *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2012*, pp. 29-36, 2012.
- [19] N. Soverda. "Studi Karakteristik Fisiologi Fotosintetik Tanaman Kedelai Toleran terhadap Naungan," *Jurnal Ilmu Pertanian Kultivar*, vol. 5(1), pp. 41-52, 2013
- [20] M.M. Adie dan A. Krisnawati. Biologi Tanaman Kedelai. Dalam Sumarno, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim (Eds.). "Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan," Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 45-73. 2007.