

Pengaruh Campuran *Calophyllum soulattri*, *Piper aduncum*, serta *Sesamum indicum* terhadap Kematian dan Antimakan *Spodoptera frugiperda*

The Influence of a Mixture of *Calophyllum soulattri*, *Piper aduncum* Extract, and *Sesamum indicum* Oil on the Mortality and Antifeedant Activity of *Spodoptera frugiperda*

Neneng Sri Widayani¹, Danar Dono², Yusup Hidayat², Safri Ishmayana³, Edy Syahputra⁴

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran,

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,

⁴Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjung Pura

*Korespondensi: neneng12001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Kerusakan yang ditimbulkan akibat serangan *Spodoptera frugiperda* pada tanaman jagung manis menimbulkan kerugian ekonomi cukup tinggi. Insektisida botani dapat menjadi alternatif pengendalian terhadap hama ini. Penelitian ini menguji beberapa ekstrak tanaman dalam bentuk tunggal dan campuran terhadap kematian dan antimakan *S. frugiperda*. Ekstrak tanaman yang digunakan yaitu ekstrak etanol *Calophyllum soulattri*, ekstrak metanol *Piper aduncum*, dan minyak *Sesamum indicum*. Pengujian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 13 perlakuan dan 3 ulangan. Aplikasi ekstrak menggunakan metode pengolesan sebanyak 100 ul pada masing-masing permukaan daun jagung berukuran 4x4 cm². Selanjutnya daun diberikan pada larva *S. frugiperda* instar II. Pengamatan kematian dan antimakan dilakukan pada 48 jam setelah perlakuan. Hasil uji menunjukkan bahwa aplikasi campuran *C. soulattri* dan *S. indicum* (4:1) serta *C. soulattri* dan *P. aduncum* (1:2) merupakan perlakuan terbaik dalam menyebabkan kematian tertinggi dan persentase konsumsi pakan terendah terhadap *S. frugiperda*. Adapun nilai kematian dan persentase konsumsi pakan pada konsentrasi 0,8% campuran *C. soulattri* dan *S. indicum* (4:1) adalah 100% dan 0,969%, serta *C. soulattri* dan *P. aduncum* (1:2) yaitu 100% dan 0,458%. Perlakuan insektisida campuran dengan bahan sinergis (*S. indicum*) dan antar insektisida (*P. aduncum* dan *C. soulattri*) dapat meningkatkan toksisitas insektisida dan pengaruh antimakan dibandingkan perlakuan tunggalnya.

Kata Kunci : insektisida botani, kematian, konsumsi pakan, sinergistik

ABSTRACT

The damage caused by the attack of *Spodoptera frugiperda* on maize causes relatively high economic losses. Botanical insecticides can be an alternative to control this pest. This study examined the effect of several plant extracts in single and mixed forms on the mortality and anti-feeding of *S. frugiperda*. The plant was ethanol extract of *C. soulattri*, methanol extract of *P. aduncum*, and *S. indicum* oil. The test was carried out using a randomized block design with three replications. Extract and oil application using the smearing method with 100 µl on each 4x4 cm² surface of corn leaves. Subsequently, the leaves are given to the second instar, *S. frugiperda*. Mortality and anti-feeding observations were carried out 48 hours after treatment. The test results showed that applying a mixture of *C. soulattri* and *S. indicum* (4:1) and *C. soulattri* and *P. aduncum* (1:2) was the best treatment for causing the highest mortality and the lowest feed consumption. The mortality and feed consumption for each treatment were 100% and 100%; 0.969% and 0.458%. Mixed insecticide treatments with synergistic ingredients (*S. indicum*) and between insecticides (*P. aduncum* and *C. soulattri*) can increase insecticide toxicity and anti-food effects compared to the single treatment.

Keywords: botanical insecticide, mortality, feed consumption, synergistic

PENDAHULUAN

Spodoptera frugiperda merupakan hama folifag yang kini menyerang tanaman jagung di Indonesia. Hama ini memiliki 100 tanaman inang (27 famili) (FAO & CABI, 2019). *S. frugiperda* memiliki kemampuan adaptasi, migrasi, dan fekunditas yang tinggi (Wan *et al.*, 2021). Beberapa laporan menunjukkan bahwa serangan hama ini mencapai 100% pada jagung fase vegetatif awal (Trisyono *et al.*, 2019; Herlinda *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa potensi kerusakan akibat *S. frugiperda* cukup tinggi.

Pengendalian menggunakan insektisida botani merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan. Selain itu, permintaan insektisida botani akan berkembang sejalan dengan kesadaran akan keamanan produk (Campos *et al.*, 2019). Insektisida botani memiliki peluang untuk dikembangkan. Namun, beberapa permasalahan dihadapi untuk penggunaan insektisida botani. Permasalahan tersebut di antaranya efektivitas rendah dan ketersediaan bahan terbatas (Isman, 2017). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pencampuran insektisida atau penambahan bahan sinergis. Pada bentuk campuran (sifat sinergistik) penggunaan bahan baku dan ketergantungan pada satu jenis tumbuhan sumber insektisida botani dapat dikurangi (Dadang & Prijono, 2008).

Beberapa jenis tanaman dengan insektisida botani sudah dilaporkan. *Calophyllum soulattri* sebagai insektisida sudah diuji pengaruhnya oleh Syahputra *et al.* (2007). *Sesamum indicum* dilaporkan sebagai bahan sinergis bagi acetamprid (Karso & Al Mallah, 2015), sedangkan *Piper aduncum* juga dapat mematikan nympa *Diaphorina citri* (Volpe *et al.*, 2016). Adapun pada campurannya laporan antar bahan masih terbatas. Pada penelitian yang dilakukan Widayani *et al.* (2023) penggunaan getah *C. soulattri*, ekstrak etil asetat *P. aduncum*, dan minyak *S. indicum* memberikan pengaruh kematian dan antimakan yang tinggi terhadap *S. frugiperda*. Selain itu, campuran antara minyak *A. indica* dan *R. communis* bersifat sinergis kuat (Wulansari *et al.*, 2022). Pada penelitian ini diuji pengaruh campuran ekstrak etanol *Calophyllum soulattri*, ekstrak metanol *Piper aduncum*, dan minyak *S. indicum* terhadap kematian dan antimakan *S. frugiperda*.

METODE PENELITIAN

Serangga uji yang digunakan adalah *S. frugiperda* yang sudah direaring di laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Ekstrak etanol kulit batang *C. soulattri* yang diperoleh dari Kecamatan Teluk Melano, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Buah *P. aduncum* diperoleh dari Gunung Masigit, Kabupaten Padalarang dan selanjutnya diekstraksi menggunakan pelarut metanol, dan *S. indicum* diperoleh dari pasar lalu giling menggunakan mesin press biji untuk mendapatkan minyaknya.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 13 perlakuan yang terdiri dari perlakuan ekstrak tunggal, ekstrak campuran pada konsentrasi 0,1% dan 0,8%. Semua perlakuan diulang tiga kali. Selanjutnya ekstrak uji (pada pelarut methanol+aceton dengan perbandingan 4:1) sesuai konsentrasi dioleskan pada daun jagung berukuran 4x4 cm² menggunakan sonde mikro (100 µl/ permukaan daun). Setelah daun kering, lalu dimasukkan dalam cawan petri yang sudah berisi 10 ekor *S. frugiperda* instar II. Perlakuan dilakukan selama 2x24 jam. Setelah itu, masing-masing larva yang masih hidup ditempatkan secara individual (pada cup plastik 50 ml) dan diberikan makan potongan jagung semi (*baby corn*). Kematian serangga uji diamati pada 2 HSP hingga 6 HSP (hari setelah perlakuan). Persentase kematian serangga uji dihitung berdasarkan persamaan 1. Adapun luas konsumsi pakan dihitung dengan menggambar bagian yang dimakan larva pada kertas milimeter blok pada 2 HSP. Selanjutnya luas daerah yang digambar hitung dan dimasukkan pada persamaan 2. Data selanjutnya dianalisis menggunakan sidik ragam serta diuji lanjut uji jarak berganda Duncan (DNMRT) dengan menggunakan program SPSS versi 26.

$$\text{Persentase kematian (\%)} = \frac{\sum S. frugiperda \text{ mati}}{\sum S. frugiperda \text{ keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots (\text{persamaan 1})$$

$$\text{Konsumsi pakan (\%)} = \frac{\sum \text{luas daun yang dimakan}}{\sum \text{total luas daun}} \times 100\% \dots\dots (\text{persamaan 2})$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Kematian

Tabel 1. menunjukkan kematian *S. frugiperda* pada 2 HSP (hari setelah perlakuan) menunjukkan kematian mencapai 100% pada perlakuan campuran *C. soulattri* dan *S. indicum* juga *C. soulattri* dan *P. aduncum* konsentrasi 0,8%. Adapun pada campuran *P. aduncum* dan *S. indicum* konsentrasi 0,8% mencapai 90%. Perlakuan tunggal hanya menyebabkan 56% kematian *S. frugiperda* (Tabel 1). Pada penelitian ini ditemukan bahwa tidak ada penambahan kematian uji setelah 2 HSP. Hal ini menunjukkan bahwa insektisida campuran bekerja cepat dan pengaruhnya terlihat di awal pengamatan. Penelitian Syahputra (2007) menunjukkan bahwa *C. soulattri* relatif cepat dan tidak menunjukkan gejala gangguan hormon perkembangan serangga. Adapun pada penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa kematian serangga uji akibat paparan *P. aduncum* dalam campuran *Teprosia vogelli* kurun pengamatan 3 HSP (Susanto & Priyono, 2015). *S. indicum* menunjukkan sifat sinergisnya jika dicampur dengan insektisida. Pada penelitian ini diketahui pencampuran *S. indicum* pada *C. soulattri* dan *P. aduncum* meningkatkan kematian *S. frugiperda* dibandingkan perlakuan tunggalnya. Hal ini sesuai dengan definisi bahwa sinergis tidak bersifat toksik dan ditambahkan pada insektisida untuk meningkatkan daya bunuh (Bernard & Philogène, 1993). Dinyatakan sinergis merupakan senyawa yang menghambat kerja enzim salah satunya P450 hingga dapat mempotensiasi aktivitas insektisida Tong & Bloomquist (2013). Seperti pencampuran *S. indicum* dan cengkeh (2:8) dapat meningkatkan kematian *Callosobruchus maculatus* dibandingkan perlakuan cengkeh tunggal (Soe *et al.*, 2019).

Tabel 1. Persentase kematian kumulatif *S. frugiperda* pada perlakuan *C. soulattri*, *P. aduncum*, dan *S. indicum* pada aplikasi tunggal dan campuran

Perlakuan		Persentase Kematian <i>S. frugiperda</i> pada (HSP)								
		2		4		6				
		$\bar{x} \pm SE$								
<i>C. soulattri</i> + <i>S. indicum</i> (4:1)	0,1%	33,33	± 1,09	bc	33,33	± 1,09	bc	33,33	± 1,09	bc
	0,8%	100,00	± 0,00	d	100,00	± 0,00	d	100,00	± 0,00	d
<i>P. aduncum</i> + <i>S. indicum</i> (4:1)	0,1%	13,33	± 0,54	ab	13,33	± 0,54	ab	13,33	± 0,54	ab
	0,8%	90,00	± 0,82	d	90,00	± 0,82	d	90,00	± 0,82	d
<i>C. soulattri</i> + <i>P. aduncum</i> (2:1)	0,1%	36,67	± 1,66	bc	36,67	± 1,66	bc	36,67	± 1,66	bc
	0,8%	100,00	± 0,00	d	100,00	± 0,00	d	100,00	± 0,00	d
<i>S. indicum</i>	0,1%	0,00	± 0,00	a	0,00	± 0,00	a	0,00	± 0,00	a
	0,8%	0,00	± 0,00	ab	0,00	± 0,00	ab	0,00	± 0,00	ab
<i>P. aduncum</i>	0,1%	6,67	± 0,54	a	6,67	± 0,54	a	6,67	± 0,54	a
	0,8%	13,33	± 0,54	a	13,33	± 0,54	a	13,33	± 0,54	a
<i>C. soulattri</i>	0,1%	16,67	± 0,27	ab	16,67	± 0,27	ab	16,67	± 0,27	ab
	0,8%	56,67	± 0,27	c	56,67	± 0,27	c	56,67	± 0,27	c
Kontrol	0%	0,00	± 0,00	a	0,00	± 0,00	a	0,00	± 0,00	a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%.

Konsumsi Pakan

Tabel 2. menunjukkan pada perlakuan tunggal maupun campuran dengan konsentrasi 0,8% mengakibatkan konsumsi pakan lebih rendah dari perlakuan kontrol. Adapun perlakuan terbaik dalam menekan konsumsi pakan *S. frugiperda* pada tanaman jagung adalah perlakuan campuran *C. soulattri* dan *S. indicum* serta *C. soulattri* dengan *P. aduncum* pada konsentrasi uji 0,8% (Tabel 2). Rendahnya persentase konsumsi pakan pada perlakuan menunjukkan bahwa bahan yang digunakan memiliki efek antimakan. Efek antimakan *C. soulattri* dapat berupa efek penolakan proses makan (Syahputra *et al.*, 2006). Beberapa efek antimakan juga dapat menyebabkan adanya gangguan terhadap enzim

pencernaan seperti enzim invertase dan protease (Syahputra *et al.*, 2006). Adapun pada kombinasi dengan *S. indicum* menunjukkan bahwa keduanya bekerja dalam menekan konsumsi makan *S. frugiperda*. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa *S. indicum* memberikan efek antimakan dan hal tersebut diduga karena adanya bagian metilendioksil-benzena (Cabral *et al.*, 2000; Garcia & Azambuja, 2004; Nawrot & Harmatha, 2012). Namun pada konsentrasi 0,1% perlakuan PS (campuran *P. aduncum* dan *S. indicum* perbandingan 4:1) mengakibatkan konsumsi pakan lebih tinggi dari pada konsumsi pakan pada perlakuan kontrol meskipun secara statistik berbeda tidak nyata dengan kontrol (Tabel 2). Hal tersebut mungkin disebabkan oleh adanya rangsangan makan atau fagostimulan yang muncul. Seperti pada penelitian Maula *et al.* (2020) penambahan bahan seperti pisang terhadap umpan yang mengandung insektisida fipronil dapat meningkatkan bobot umpan yang dimakan meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi uji mempengaruhi efek antimakan insektisida.

Tabel 2. Persentase konsumsi pakan *S. frugiperda* pada perlakuan *C. soulattri*, *P. aduncum*, dan *S. indicum* pada aplikasi tunggal dan campuran

Perlakuan		Persentase konsumsi pakan $\bar{x} \pm SE$		
<i>C. soulattri</i> + <i>S. indicum</i> (4:1)	0,1%	8,260	±	1,34 bcd
	0,8%	0,969	±	0,11 ab
<i>P. aduncum</i> + <i>S. indicum</i> (4:1)	0,1%	28,490	±	5,57 e
	0,8%	3,396	±	2,39 abc
<i>C. soulattri</i> + <i>P. aduncum</i> (2:1)	0,1%	21,490	±	2,34 de
	0,8%	0,458	±	0,07 a
<i>S. indicum</i>	0,1%	26,250	±	10,50 de
	0,8%	11,792	±	2,42 cde
<i>P. aduncum</i>	0,1%	23,844	±	7,40 e
	0,8%	11,500	±	1,72 cde
<i>C. soulattri</i>	0,1%	12,208	±	1,38 cde
	0,8%	3,010	±	1,10 abc
Kontrol	0%	27,135	±	4,61 e

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%.

Insektisida campuran berpeluang untuk dikembangkan sebagai pengendali hama tanaman. Campuran insektisida dari bahan *C. soulattri*, *P. aduncum*, dan *S. indicum* dapat dikembangkan terhadap *S. frugiperda*. Laporan Widayani *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa campuran *C. soulattri* dan *S. indicum* (4:1) serta *C. soulattri* dan *P. aduncum* (1:2) bersifat sinergis dan sinergis lemah pada LC₉₅ pengamatan 16 HSP.

KESIMPULAN

Hasil uji menunjukkan bahwa aplikasi campuran ekstrak etanol kulit batang *C. soulattri* dan minyak *S. indicum* (4:1) serta *C. soulattri* dan ekstrak metanol *P. aduncum* (1:2) merupakan perlakuan terbaik dalam menyebabkan kematian paling tinggi dan persentase konsumsi pakan paling rendah terhadap *S. frugiperda*. Perlakuan insektisida campuran dengan bahan sinergis (*S. indicum*) dan antar insektisida (*P. aduncum* dan *C. soulattri*) dapat meningkatkan toksisitas insektisida dan pengaruh antimakan dibandingkan perlakuan tunggalnya kecuali pada perlakuan campuran *P. aduncum* dan *S. indicum* (4:1) konsentrasi 0,1%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Riset ini merupakan bagian dari penelitian yang dibiayai oleh skema Riset Kompetensi Dosen Unpad tahun 2022 dan riset *Academic Leadership Grant* (ALG) Unpad tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernard, C. B., B.J.R. Philogène. 1993. Journal of Toxicology and Environmental Health: Current Issues Insecticide synergists: Role, importance, and perspectives. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 38(2): 199–223.
- Cabral, M. M. O., P. Azambuja, O. R. Gottlieb, E. S. Garcia. 2000. Effects of some lignans and neolignans on the development and excretion of *Rhodnius prolixus*. *Fitoterapia*. 71(1): 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(99\)00105-7](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(99)00105-7).
- Campos, E. V. R., P. L.F. Proença, J.L. Oliveira, M. Bakshi, P. C. Abhilash, L. F. Fraceto. 2019. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*. 105(April): 483–495. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.038>.
- Dadang, D. Priyono. 2008. *Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor.
- FAO, CABI. 2019. Community-Based Fall Armyworm monitoring, early warning, and management: Training of Trainers Manual. <http://www.fao.org/3/ca2924en/CA2924EN.pdf>.
- Garcia, E. S., P. Azambuja. 2004. Lignoids in insects: Chemical probes for the study of ecdysis, excretion and Trypanosoma cruzi - Triatomine interactions. *Toxicon*. 44(4): 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2004.05.007>.
- Herlinda, S., R. Suharjo, M. E. Sinaga, F. Fawwazi, S. Suwandi. 2022. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia, and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 21(6): 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>.
- Isman, M. B. 2017. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*. 110(April): 10–14. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.012>.
- Karso, B. A., N. M. Al Mallah. 2015. Effectiveness of some vegetable oils and insecticide mixtures, against larvae of the khapra beetle *Trogoderma granarium* everts (Coleoptera: Dermestidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 25(1): 139–143.
- Maula, R. I., H. Pratiknyo, U. Susilo, T. B. Ambarningrum. 2020. Efektifitas zat aktif fipronil pada berbagai substrat fagostimulan untuk pengendalian kecoak jerman (*Blattella germanica* L.). *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(2): 235–242.
- Nawrot, J., J. Harmatha. 2012. Phytochemical feeding deterrents for stored product insect pests. *Phytochemistry Reviews*. 11(4): 543–566. <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9273-9>.
- Soe, T. N., A. Ngampongsai, W. Sittichaya. 2019. Synergistic effect of sesame oil and clove oil on toxicity against the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Khon Kaen Agr*. 47(1): 351–356.
- Susanto, M. S., D. Priyono. 2015. Sinergisme Ekstrak *Piper aduncum* dan *Tephrosia vogelii* terhadap Penggerek Batang Padi Kuning, *Scirpophaga incertulas*. *Agrikultura*. 26(1): 7–14. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v26i1.8454>.
- Syahputra, E. 2007. Aktivitas insektisida *Calophyllum soulattri* terhadap larva *Crocidolomia pavonana* dan keamanan pada tanaman. *Bionatura*. 9(3): 294–305.

- Syahputra, E., D. Prijono, Dadang, S. Manuwoto, L. K. Darusman. 2006. Respons Fisiologi *Crocidolomia pavonana* terhadap Fraksi Aktif *Calophyllum soulattri*. *Hayati, Journal of Biosciences*. 13(1): 7–12. [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30372-2](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30372-2).
- Syahputra, E., D. Prijono, D. Dono. 2007. Sediaan Insektisida *Calophyllum Soulattri*: Aktivitas Insektisida Dan Residu Terhadap Larva *Crocidolomia Pavonana* Dan Keamanan Pada Tanaman. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 7(1): 21–29. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.1721-29>.
- Tong, F., J. R. Bloomquist. 2013. Plant essential oils affect the toxicities of carbaryl and permethrin against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 50(4): 826–832. <https://doi.org/10.1603/ME13002>
- Trisyono, A. Y., Suputa, V.E. Aryuwulandari, M. Hartaman, Jumari. 2019. Occurrence of Heavy Infestation by the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*, a New Alien Invasive Pest, in Corn in Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 2:1–13.
- Volpe, H. X., M. Fazolin, R. B. Garcia, R. F. Magnani, J. C. Barbosa, M. P. Miranda. 2016. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. *Pest Management Science*. 72(6): 1242–1249. <https://doi.org/10.1002/ps.4143>.
- Wan, J., C. Huang, C. Li, H. Zhou, Y. Ren, Z. Li, L. Xing, B. Zhang, X. Qiao, B. Liu, C. Liu, Y. Xi, W. Liu, W. Wang, W. Qian, S. Mckirdy, F. Wan. 2021. Biology, invasion, and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*. 20(3): 646–663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6)
- Widayani, N. S., D. Dono, Y. Hidayat, S. Ishmayana. 2023. Pemanfaatan insektisida botani campuran ekstrak *Calophyllum soulattri*, *Piper aduncum*, dan *Sesamum indicum* terhadap *Spodoptera frugiperda*. *Prosiding Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-47 UNS Tahun 2023*. 7(1): 1168–1174.
- Widayani, N. S., D. Dono, Y. Hidayat, S. Ishmayana, E. Syahputra. 2023. Toxicity of *Calophyllum soulattri*, *Piper aduncum*, *Sesamum indicum* and their potential mixture for control *Spodoptera frugiperda*. *Open Agriculture*. 8(1). 20220213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/opag-2022-0213>.
- Wulansari, R., Hidayat, Y., Dono, D. 2022. Aktivitas Insektisida campuran minyak mimba (*Azadirachta indica*) dan minyak jarak kepyar (*Ricinus communis*) terhadap *Spodoptera frugiperda*. *Agrikultura*, 32(3), 207. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i3.35174>