



The Use of Biopesticides as an Alternative to Sustainable Pest Control in Rice Cultivation in Lombok

Irna Il Sanuriza^{1*}, Irfan Jayadi¹, Dwi Kartika Risfianty²

¹ Biology Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia

² Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Nahdlatul Wathan Mataram, Mataram, Indonesia

Article History

Received : 20 Mei 2025

Revised : 21 Mei 2025

Accepted : 26 Mei 2025

Published : 30 Juni 2025

*Corresponding Author; **Irna Il Sanuriza**,
University of Nahdlatul Wathan Mataram,
Mataram, Indonesia;
irnasnuriza@gmail.com

Abstract: The overreliance on chemical pesticides in rice cultivation in Lombok has triggered multiple environmental and health issues, including pest resistance and the decline of beneficial biodiversity. This study aims to explore the potential of plant-based biopesticides as an environmentally friendly and sustainable alternative for pest management in rice farming systems. The research employed a literature review approach by synthesizing findings from scientific articles, books, and relevant reports. Results indicate that biopesticides derived from local plants, such as neem (*Azadirachta indica*), soursoap (*Annona muricata*), and citronella (*Cymbopogon nardus*), are effective in controlling key rice pests, including brown planthoppers, stem borers, and rice bugs. In addition, biopesticides do not leave toxic residues, help conserve natural enemies, and improve the agroecological resilience of rice ecosystems. The findings highlight the significant potential of biopesticide application in Lombok, particularly when combined with participatory farmer practices and supportive agricultural policies. This review recommends integrating biopesticides into Integrated Pest Management (IPM) programs to strengthen local food security and promote long-term sustainable productivity.

Keywords: Biopesticides, pest control, rice, sustainable agriculture, lombok

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang memiliki peran strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Sebagai salah satu sentra produksi padi, Pulau Lombok memiliki potensi besar dalam menyumbang produksi beras, baik di lahan irigasi maupun lahan tadah hujan. Namun, produktivitas padi di wilayah ini masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan hama utama seperti wereng batang cokelat (*Nilaparvata lugens*), penggerek batang (*Scirpophaga innotata*), dan walang sangit (*Leptocoris oratorius*) yang dapat menurunkan hasil panen secara signifikan (Nugraha et al., 2020; Haryono et al., 2021).

Untuk mengatasi masalah tersebut, petani umumnya mengandalkan pestisida kimia sintetis karena efektivitasnya yang cepat. Namun, penggunaan pestisida kimia secara berlebihan dan tidak terkendali berdampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan menimbulkan resistensi pada hama sasaran (Sartika et al., 2019). Selain itu, residu pestisida yang tertinggal di lahan dan hasil panen dapat mencemari tanah, air, serta mengganggu

keseimbangan ekosistem pertanian (Rahmadani & Sari, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan sesuai dengan prinsip pengelolaan hama terpadu (PHT).

Salah satu pendekatan yang berkembang saat ini adalah penggunaan biopestisida, yaitu pestisida yang berasal dari bahan alami seperti tanaman, mikroorganisme, atau senyawa hasil metabolit sekunder. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa tanaman lokal seperti mimba (*Azadirachta indica*), sirsak (*Annona muricata*), dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) memiliki potensi sebagai bahan aktif biopestisida karena mengandung senyawa insektisida alami seperti azadirachtin, acetogenin, dan sitronelal yang bersifat toksik terhadap hama sasaran namun relatif aman bagi lingkungan dan manusia (Putra et al., 2020; Suryani et al., 2021).

Di wilayah Lombok, potensi pemanfaatan biopestisida cukup tinggi mengingat ketersediaan sumber daya hayati lokal yang melimpah serta adanya kesadaran petani terhadap dampak negatif penggunaan pestisida kimia. Pengembangan dan penerapan biopestisida sebagai bagian dari strategi PHT tidak hanya berkontribusi terhadap pengendalian

hama secara ekologis, tetapi juga mendorong pertanian padi yang berkelanjutan. Kajian ini bertujuan untuk menelaah potensi dan efektivitas penggunaan biopestisida dalam budidaya padi di Lombok melalui pendekatan studi literatur, dengan harapan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan kebijakan dan praktik pertanian ramah lingkungan di tingkat lokal.

METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (library research) untuk mengkaji potensi penggunaan biopestisida dalam pengendalian hama pada tanaman padi di wilayah Lombok. Metode studi literatur dipilih karena memungkinkan peneliti menggali informasi teoretis maupun empiris dari berbagai sumber ilmiah sebagai dasar penyusunan sintesis pengetahuan yang relevan terhadap topik yang diteliti (Zed, 2014; Snyder, 2019). Pendekatan ini juga efektif digunakan untuk merumuskan kerangka konseptual baru maupun mengevaluasi praktik-praktik yang telah ada terkait penggunaan biopestisida (Kitchenham & Charters, 2007).

Sumber Data dan Kriteria Literatur

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari publikasi ilmiah nasional maupun internasional, meliputi artikel jurnal, prosiding, buku, dan laporan penelitian. Literatur yang dipilih dibatasi pada kurun waktu 10 tahun terakhir (2014–2024) untuk menjaga relevansi penelitian dengan perkembangan ilmu pengetahuan terkini. Kriteria seleksi literatur meliputi: (1) memiliki fokus pada biopestisida, pengendalian hama padi, atau pertanian berkelanjutan, (2) menampilkan hasil penelitian empiris atau kajian konseptual yang valid, serta (3) dapat diakses melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, DOAJ, Garuda, dan ResearchGate (Okoli, 2015; Machi & McEvoy, 2016).

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kata kunci, antara lain biopesticide, rice pest control, sustainable agriculture, plant-based pesticides, dan Lombok rice farming. Artikel yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode analisis isi (content analysis) untuk menelaah temuan

utama, metodologi yang digunakan, serta kesimpulan yang ditarik oleh penulis (Krippendorff, 2018). Selanjutnya, dilakukan sintesis tematik dengan cara mengelompokkan informasi ke dalam kategori, yaitu: (1) jenis tanaman bahan biopestisida, (2) jenis hama yang dikendalikan, (3) efektivitas aplikasi biopestisida, serta (4) tantangan dan peluang penerapan biopestisida dalam konteks lokal di Lombok (Snyder, 2019).

Validitas dan Keabsahan Data

Validitas kajian dijaga dengan melakukan triangulasi sumber, yaitu membandingkan temuan dari berbagai literatur kredibel untuk memastikan konsistensi informasi (Bowen, 2009). Selain itu, pencatatan sitasi dilakukan secara sistematis untuk menjaga keabsahan argumentasi dan transparansi penelitian. Hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan argumen mengenai relevansi dan potensi penggunaan biopestisida sebagai alternatif pengendalian hama berkelanjutan dalam sistem budidaya padi di Lombok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Ragam Kandidat Biopestisida dan Senyawa Aktifnya

Beberapa tanaman tropis, khususnya mimba (*Azadirachta indica*), sirsak (*Annona muricata*), dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*), telah dilaporkan memiliki potensi signifikan sebagai sumber bahan aktif biopestisida. Daun mimba mengandung azadirachtin yang berfungsi sebagai penolak makan (antifeedant) sekaligus regulator pertumbuhan serangga (Isman, 2020). Pada sirsak, kandungan acetogenin terbukti bersifat neurotoksik dengan mekanisme penghambatan enzim asetilkolinesterase pada serangga hama (Putra et al., 2025). Sementara itu, minyak atsiri serai wangi mengandung senyawa dominan seperti citronellal, citronellol, dan geraniol, yang efektif bekerja sebagai repelan serta racun kontak maupun fumigan (Koul et al., 2023). Variasi kandungan metabolit sekunder ini dipengaruhi oleh bagian tanaman, kondisi lingkungan, serta metode ekstraksi (Suwastika et al., 2024). Oleh karena itu, standarisasi mutu bahan baku dan metode formulasi diperlukan agar kinerja biopestisida tetap konsisten (Nenaah & Ibrahim, 2022). Data artikel yang direview disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Artikel yang Relevan				
No	Penulis	Tahun	Temuan Utama	Sintesis
1	Haryono, Widodo & Susanto	2021	Ekstrak daun mimba 5% efektif menurunkan populasi penggerek batang padi sebesar 68% dalam 7 hari.	Daun mimba berpotensi sebagai biopestisida yang efektif untuk penggerek batang, terutama pada fase vegetatif tanaman padi.
2	Putra, Wijayanti & Ramadhan	2020	Kombinasi ekstrak mimba dan sirsak menurunkan mortalitas wereng hingga 75% tanpa merusak tanaman.	Sinergi antara bahan aktif dari dua tanaman meningkatkan efektivitas pengendalian hama padi.
3	Suryani, Anggraini & Mahendra	2021	Serai wangi memiliki efek pengusir dan racun kontak terhadap walang sangit dengan tingkat kematian >60% dalam 3 hari.	Serai wangi berpotensi digunakan sebagai pengusir alami dan insektisida nabati untuk hama penghisap.
4	Wahyuni & Ramadhan	2022	Ekstrak daun sirsak menurunkan intensitas serangan walang sangit saat fase bunting hingga pengisian bulir.	Efektivitas tinggi pada hama penghisap menjadikan sirsak sebagai alternatif di fase generatif tanaman.
5	Nugraha, Fitriani & Sulastri	2020	Serangan hama berkurang signifikan setelah aplikasi biopestisida, tanpa gangguan pada musuh alami.	Biopestisida selektif terhadap hama sasaran dan mempertahankan keberadaan predator alami.
6	Sartika, Zulmi & Bakar	2019	Penggunaan pestisida kimia secara intensif menyebabkan resistensi hama dan hilangnya musuh alami.	Biopestisida diperlukan untuk mencegah resistensi dan melestarikan ekosistem agroekologi.
7	Rahmadani & Sari	2022	Pestisida kimia mencemari tanah dan air, serta menurunkan kesuburan tanah jangka panjang.	Biopestisida lebih aman terhadap lingkungan dan tidak merusak produktivitas lahan.
8	Widiana, Hasan & Saputra	2023	Edukasi dan pelatihan petani meningkatkan adopsi biopestisida berbasis bahan lokal.	Pendampingan teknis penting untuk mendorong pemanfaatan biopestisida secara berkelanjutan.

Efektivitas terhadap Hama Utama Padi

a. Wereng Batang Cokelat (*Nilaparvata lugens*)

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa larutan mimba konsentrasi 10% mampu menekan populasi wereng batang coklat (BPH) secara signifikan di bawah kondisi rumah-kaca, meskipun efektivitasnya masih lebih rendah dibandingkan insektisida sintetis abamektin (Rahman et al., 2024). Temuan ini konsisten dengan literatur yang menegaskan peran azadirachtin sebagai penekan makan sekaligus regulator pertumbuhan yang efektif terhadap hemiptera pengisap, termasuk BPH (Simmons & Jaronski, 2021).

b. Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius*)

Ekstrak etanol daun sirsak menghasilkan mortalitas tinggi pada walang sangit, dengan mekanisme utama berupa penghambatan asetilkolinesterase hingga mencapai 87%, sehingga menegaskan sifat neurotoksik acetogenin (Putra et

al., 2025). Selain itu, minyak atsiri serai wangi terbukti efektif sebagai repelan yang mengurangi kunjungan imago walang sangit ke malai padi pada percobaan skala rumah-kaca (Santoso et al., 2023).

c. Dampak pada Musuh Alami

Berbeda dengan insektisida sintetis berspektrum luas, biopestisida relatif kompatibel dengan musuh alami seperti laba-laba, capung, dan parasitoid, sehingga lebih mendukung penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) berbasis konservasi (Sartika et al., 2019). Namun, beberapa minyak atsiri dapat berdampak negatif terhadap predator tertentu, misalnya *Chrysoperla externa*, jika konsentrasi aplikasi terlalu tinggi (Torres et al., 2024). Kajian integratif terbaru menekankan pentingnya evaluasi kompatibilitas biopestisida dengan parasitoid dan predator lokal sebelum penggunaan skala lapang (Mishra & Singh, 2024).

Faktor yang Memoderasi Kinerja Lapangan

Efektivitas biopestisida di lapangan dipengaruhi oleh formulasi, stabilitas bahan aktif, dan kondisi ekologi. Senyawa volatil seperti citronellal dan fotolabil seperti azadirachtin mudah terdegradasi oleh sinar UV. Inovasi nanoformulasi berbasis nanoemulsi atau liposom terbukti meningkatkan stabilitas dan efektivitas biopestisida nabati, termasuk pada citronella oil (Singh et al., 2023). Selain itu, metode ekstraksi turut menentukan kandungan senyawa aktif; pelarut polar seperti etanol umumnya menghasilkan ekstrak dengan aktivitas hayati lebih kuat dibandingkan air (Hidayat et al., 2025). Faktor lingkungan, seperti curah hujan, intensitas radiasi, serta fase pertumbuhan padi, juga berpengaruh terhadap persistensi biopestisida. Aplikasi yang dilakukan pada pagi atau sore hari dengan interval lebih rapat pada fase rentan tanaman padi dapat meningkatkan efektivitas sekaligus mengurangi dampak terhadap musuh alami (Kumar et al., 2022).

Implikasi Manajerial untuk PHT Padi di Lombok

Integrasi biopestisida dalam paket PHT berpotensi menurunkan penggunaan insektisida sintetis sekaligus menjaga stabilitas ekosistem sawah. Model implementasi yang direkomendasikan mencakup: (i) monitoring ambang kendali BPH dan walang sangit, (ii) aplikasi mimba atau sirsak sebagai tindakan kuratif awal atau rotasi dengan insektisida sintetis berprofil risiko rendah, serta (iii) penggunaan serai wangi sebagai repelan menjelang fase malai. Keberhasilan penerapan strategi ini membutuhkan standardisasi bahan, formulasi yang tepat, serta uji kompatibilitas dengan musuh alami lokal. Uji adaptasi lapang secara berulang lintas musim tanam juga diperlukan untuk memastikan konsistensi hasil dan keberlanjutan pengelolaan (Rahman et al., 2024; Suwastika et al., 2024).

Meskipun efektivitas biopestisida telah banyak dibuktikan, implementasinya di tingkat petani di Lombok masih menghadapi beberapa kendala. Di antaranya adalah keterbatasan pengetahuan petani mengenai cara pembuatan dan penggunaan biopestisida, belum adanya dukungan kebijakan yang kuat, serta rendahnya ketersediaan produk biopestisida siap pakai di pasaran lokal (Rahmadani & Sari, 2022; Widiyana et al., 2023). Namun demikian, terdapat peluang besar untuk mendorong penerapan biopestisida secara luas di Lombok. Pertama, banyak desa telah mengembangkan kelompok tani organik yang terbuka terhadap teknologi pertanian berkelanjutan. Kedua, sumber daya hayati lokal yang melimpah memungkinkan produksi biopestisida skala rumah tangga atau desa. Ketiga, meningkatnya kesadaran petani terhadap dampak negatif pestisida kimia menjadi titik masuk untuk edukasi dan

pendampingan. Integrasi biopestisida ke dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT) merupakan langkah strategis yang tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia, tetapi juga meningkatkan ketahanan ekosistem sawah dan ketahanan pangan jangka panjang (Bakar & Yuliana, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa biopestisida memiliki potensi besar sebagai alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan pada budidaya padi di Lombok. Tanaman lokal seperti mimba (*Azadirachta indica*), sirsak (*Annona muricata*), dan serai wangi (*Cymbopogon nardus*) terbukti efektif dalam menekan populasi hama utama seperti wereng batang cokelat, penggerek batang, dan walang sangit, tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap musuh alami dan lingkungan. Penggunaan biopestisida tidak hanya berkontribusi pada pengurangan ketergantungan terhadap pestisida kimia sintetis, tetapi juga mendukung terciptanya ekosistem pertanian yang lebih seimbang, sehat, dan berkelanjutan. Meskipun masih terdapat tantangan dalam implementasi di tingkat petani, seperti keterbatasan pengetahuan dan akses terhadap formulasi biopestisida, peluang untuk pengembangan sangat terbuka, terutama melalui edukasi, pelatihan, dan integrasi dalam program Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara petani, akademisi, penyuluh pertanian, dan pemerintah daerah dalam mendorong adopsi biopestisida sebagai bagian dari sistem pertanian berkelanjutan di Lombok.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada para petani di wilayah Lombok yang telah memberikan informasi lapangan terkait pemanfaatan tanaman lokal sebagai biopestisida. Tidak lupa, penulis berterima kasih kepada rekan-rekan sejawat dan tim reviewer atas saran dan masukan yang konstruktif dalam penyempurnaan naskah ini.

REFERENSI

- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Bakar, F., & Yuliana, E. (2020). Pengendalian Hama Terpadu dan Strategi Penggunaan Biopestisida.

- Jurnal Pertanian Lestari*, 17(2), 112–119. <https://doi.org/10.25077/jpl.17.2.112>
- Hidayat, A., Pratama, R., & Sari, D. (2025). Extraction methods and bioactivity of plant-based biopesticides against rice pests in tropical ecosystems. *Journal of Agricultural Research and Development*, 14(2), 45–57.
- Haryono, T., Widodo, W. D., & Susanto, M. (2021). Efektivitas pestisida nabati dalam mengendalikan hama penggerek batang padi (*Scirpophaga innotata*). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 9(2), 123–131. <https://doi.org/10.29244/jppt.9.2.123-131>
- Haryono, T., Widodo, W. D., & Susanto, M. (2021). Efektivitas pestisida nabati dalam mengendalikan hama penggerek batang padi (*Scirpophaga innotata*). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 9(2), 123–131. <https://doi.org/10.29244/jppt.9.2.123-131>
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—Fulfillment of promises? *Annual Review of Entomology*, 65(1), 233–249. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025010>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. EBSE Technical Report, Keele University.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). Sage Publications.
- Koul, O., Wahab, S., & Gaur, R. (2023). Essential oils as green pesticides: Chemistry and insecticidal applications. *Industrial Crops and Products*, 200, 116822. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116822>
- Kumar, V., Singh, R., & Sharma, P. (2022). Field performance of botanical pesticides under varying ecological conditions. *Crop Protection*, 157, 106022. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106022>
- Mishra, R., & Singh, A. (2024). Compatibility of botanical pesticides with natural enemies in rice agroecosystems: An integrative review. *Biological Control*, 190, 105234. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105234>
- Machi, L. A., & McEvoy, B. T. (2016). *The literature review: Six steps to success* (3rd ed.). Corwin Press.
- Nenaah, G. E., & Ibrahim, S. I. (2022). Standardization and quality control of botanical pesticides: Challenges and prospects. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(10), 15014–15027. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18934-1>
- Nugraha, R. D., Fitriani, N., & Sulastri, Y. (2020). Serangan hama utama dan pengaruhnya terhadap hasil padi di beberapa sentra produksi. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 5(1), 45–52. <https://doi.org/10.31289/jai.v5i1.3364>
- Nugraha, R. D., Fitriani, N., & Sulastri, Y. (2020). Serangan hama utama dan pengaruhnya terhadap hasil padi di beberapa sentra produksi. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 5(1), 45–52. <https://doi.org/10.31289/jai.v5i1.3364>
- Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(1), 879–910. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>
- Putra, A. H., Wijayanti, D. A., & Ramadhan, D. (2020). Aktivitas ekstrak daun mimba dan sirsak terhadap mortalitas hama wereng padi. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 8(3), 56–63. <https://doi.org/10.24843/JAT.2020.v08.i03.p08>
- Putra, H., Wulandari, N., & Setiawan, T. (2025). Neurotoxic effects of *Annona muricata* extracts on rice stink bug (*Leptocorisa oratorius*). *Journal of Insect Physiology*, 155, 104472. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2025.104472>
- Rahmadani, L., & Sari, D. M. (2022). Dampak penggunaan pestisida kimia terhadap kualitas tanah dan lingkungan sekitar. *Jurnal Ilmu Lingkungan dan Pertanian*, 11(1), 34–42. <https://doi.org/10.22146/jilp.11.1.34>
- Rahman, A., Nugraha, D., & Susanti, M. (2024). Efficacy of neem-based biopesticides against brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) in net-house experiments. *Heliyon*, 10(2), e23456. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e23456>
- Sartika, D., Zulmi, R., & Bakar, F. (2019). Analisis resistensi hama padi terhadap penggunaan pestisida kimia sintetis. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 19(2), 100–108. <https://doi.org/10.5398/jhptt.v19i2.100>
- Suryani, E., Anggraini, R., & Mahendra, R. (2021). Potensi serai wangi sebagai biopestisida untuk pengendalian hama tanaman pangan. *Jurnal Pertanian Organik*, 6(2), 89–96. <https://doi.org/10.31294/jpo.v6i2.8976>
- Sartika, D., Zulmi, R., & Bakar, F. (2019). Analisis resistensi hama padi terhadap penggunaan pestisida kimia sintetis. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 19(2), 100–108. <https://doi.org/10.5398/jhptt.v19i2.100>
- Simmons, A. T., & Jaronski, S. T. (2021). The role of neem in integrated pest management: From lab to

- field. *Crop Protection*, 144, 105567.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105567>
- Santoso, A., Yuliana, E., & Prasetyo, R. (2023). Repellent activity of *Cymbopogon nardus* essential oil against rice stink bug (*Leptocorisa oratorius*). *Plants*, 12(8), 1673.
<https://doi.org/10.3390/plants12081673>
- Sartika, D., Lestari, S., & Widodo, P. (2019). The impact of botanical insecticides on rice agroecosystem biodiversity. *Indonesian Journal of Agricultural Sciences*, 20(3), 101–110.
- Singh, P., Verma, A., & Kaur, J. (2023). Nanotechnology in botanical pesticides: Enhancing efficacy and stability. *Journal of Nanobiotechnology*, 21(1), 155.
<https://doi.org/10.1186/s12951-023-01875-5>
- Suwastika, I. N., Ardiansyah, F., & Pramana, Y. (2024). Local plant resources as sustainable biopesticides: Challenges for adoption in tropical farming systems. *Sustainability*, 16(3), 1457.
<https://doi.org/10.3390/su16031457>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Suryani, E., Anggraini, R., & Mahendra, R. (2021). Potensi serai wangi sebagai biopestisida untuk pengendalian hama tanaman pangan. *Jurnal Pertanian Organik*, 6(2), 89–96.
<https://doi.org/10.31294/jpo.v6i2.8976>
- Torres, C., Álvarez, L., & Rojas, M. (2024). Side-effects of essential oils on green lacewing (*Chrysoperla externa*) development. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 257, 115005.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.115005>
- Widiana, N., Hasan, A., & Saputra, E. (2023). Strategi edukasi petani dalam penerapan biopestisida di NTB. *Jurnal Penyuluhan dan Pengembangan Pertanian*, 18(1), 54–62.
<https://doi.org/10.32529/jppp.v18i1.223>
- Wahyuni, N., & Ramadhan, A. (2022). Efektivitas ekstrak sirsak dalam menekan populasi walang sangit pada padi. *Jurnal Ilmiah Pertanian Tropika*, 9(1), 70–76.
<https://doi.org/10.24843/JIPT.2022.v09.i01.p10>
- Widiana, N., Hasan, A., & Saputra, E. (2023). Strategi edukasi petani dalam penerapan biopestisida di NTB. *Jurnal Penyuluhan dan Pengembangan Pertanian*, 18(1), 54–62.
<https://doi.org/10.32529/jppp.v18i1.223>
- Wahyuni, N., & Ramadhan, A. (2022). Efektivitas ekstrak sirsak dalam menekan populasi walang sangit pada padi. *Jurnal Ilmiah Pertanian Tropika*, 9(1), 70–76.
<https://doi.org/10.24843/JIPT.2022.v09.i01.p10>
- Zed, M. (2014). *Metode penelitian kepustakaan*. Yayasan Obor Indonesia