

Pengembangan Pestisida Nabati Serbuk Berbasis Daun Pepaya (*Carica papaya* L.), Daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.), Bawang Putih (*Allium sativum* L.), dan Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Alternatif Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura*)

Anggun Saskia Lisa

Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

e-mail: anggunsaskialisa20@gmail.com

Kata Kunci:

Pestisida nabati, ulat grayak, daun mimba, daun pepaya, pertanian berkelanjutan

Keywords:

Botanical pesticide, armyworm, neem leaf, papaya leaf, sustainable agriculture

ABSTRAK

Penggunaan pestisida kimia dalam sektor pertanian telah berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas tanaman, tetapi penggunaannya yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan, resistensi hama, kematian organisme non-target, serta residu kimia pada hasil panen. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian hama yang lebih aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan formulasi pestisida nabati berbentuk serbuk yang tersusun atas daun pepaya (*Carica papaya* L.), daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.), bawang putih (*Allium sativum* L.), dan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai upaya pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura*). Formulasi dibuat melalui proses pengeringan, penghalusan, pencampuran, dan pengemasan bahan menjadi serbuk homogen. Efektivitas formulasi diuji pada beberapa tingkat konsentrasi, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi formulasi cenderung menurunkan aktivitas makan larva, mengurangi tingkat kerusakan daun, serta meningkatkan efektivitas pengendalian ulat grayak. Konsentrasi 75% menunjukkan kombinasi terbaik antara efektivitas pengendalian dan efisiensi penggunaan bahan. Selain berpotensi mengendalikan hama, formulasi ini juga memiliki keunggulan berupa bahan baku yang mudah diperoleh, ramah lingkungan, praktis digunakan, serta memiliki masa simpan yang lebih panjang karena berbentuk serbuk.

ABSTRACT

The use of chemical pesticides in agriculture has significantly contributed to crop productivity; however, excessive application may cause environmental pollution, pest resistance, mortality of non-target organisms, and chemical residues in agricultural products. Therefore, safer and more sustainable pest control alternatives are required. This study aimed to develop a powdered botanical pesticide formulated from papaya leaves (*Carica papaya* L.), neem leaves (*Azadirachta indica* A. Juss.), garlic (*Allium sativum* L.), and moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam.) for controlling armyworm (*Spodoptera litura*). The formulation was prepared through drying, grinding, mixing, and packaging processes to obtain a homogeneous powder. Effectiveness was evaluated using several concentration levels, namely 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. The observations indicated that increasing formulation concentration tended to reduce larval feeding activity, decrease leaf damage, and improve pest control effectiveness. The 75% concentration showed the best balance between control effectiveness and material efficiency. In addition to its pest control potential, the formulation offers advantages such as readily available raw materials, environmental friendliness, practical application, and longer shelf life due to its powdered form.



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Therefore, this botanical pesticide formulation has the potential to serve as an alternative pest management strategy that supports sustainable agriculture.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki sektor pertanian sebagai salah satu penopang utama ketahanan pangan nasional (Thakur et al., 2023). Produktivitas pertanian sangat dipengaruhi oleh keberadaan organisme pengganggu tanaman yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi bagi petani. Salah satu organisme pengganggu tanaman yang sering menimbulkan kerusakan pada berbagai komoditas hortikultura adalah ulat grayak (*Spodoptera litura*) (Sa'adah et al., 2022). Hama ini bersifat polifag sehingga mampu menyerang berbagai jenis tanaman budidaya, seperti cabai, tomat, sawi, terong, dan kedelai. Aktivitas makan larva menyebabkan kerusakan daun yang dapat mengganggu proses fotosintesis dan menurunkan produktivitas tanaman (Natikar & Balikai, 2017).

Upaya pengendalian ulat grayak pada umumnya masih mengandalkan penggunaan pestisida sintetis. Penggunaan pestisida kimia memang mampu memberikan hasil yang cepat dan efektif dalam menekan populasi hama (Sa'adah et al., 2022). Namun demikian, penggunaan yang terus-menerus dan tidak terkendali dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti munculnya resistensi hama, pencemaran lingkungan, kematian organisme non-target, serta akumulasi residu pada hasil pertanian (Thakur et al., 2023). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan metode pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan (EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al., 2019).

Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan pestisida nabati yang berasal dari bahan-bahan alami (Thakur et al., 2023). Pestisida nabati umumnya lebih mudah terurai di lingkungan dan memiliki risiko pencemaran yang lebih rendah dibandingkan pestisida sintetis (A. A., 2025). Berbagai tanaman lokal diketahui memiliki kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pestisida alami. Daun mimba mengandung senyawa yang berperan sebagai antifeedant dan penghambat pertumbuhan serangga (Salsa Malikal Mulki et al., 2022). Daun pepaya mengandung enzim papain dan berbagai metabolit sekunder yang dapat mengganggu sistem pencernaan hama (Purba et al., 2026). Bawang putih memiliki kandungan allicin dan senyawa sulfur yang berfungsi sebagai penolak serangga, sedangkan daun kelor mengandung berbagai unsur hara yang berpotensi mendukung kesehatan tanaman (Purba et al., 2026).

Selain pemilihan bahan aktif, bentuk formulasi juga menjadi faktor penting dalam pengembangan pestisida nabati. Formulasi cair umumnya memiliki umur simpan yang relatif singkat dan memerlukan penanganan khusus selama penyimpanan (Safder et al., 2022). Sebaliknya, formulasi berbentuk serbuk memiliki keunggulan berupa masa simpan yang lebih panjang, kemudahan distribusi, serta fleksibilitas dalam penentuan dosis penggunaan (Mukhopadhyay et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan

pestisida nabati berbentuk serbuk menjadi salah satu inovasi yang berpotensi meningkatkan efektivitas dan kemudahan aplikasi di tingkat petani (Safder et al., 2022).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan formulasi pestisida nabati serbuk berbahan daun pepaya (*Carica papaya* L.), daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.), bawang putih (*Allium sativum* L.), dan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) serta mengevaluasi potensi efektivitasnya dalam mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada beberapa tingkat konsentrasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif pengendalian hama yang lebih aman, ramah lingkungan, dan mendukung penerapan pertanian berkelanjutan (Sa'adah et al., 2022).

Pembahasan

Karakteristik Formulasi Pestisida Nabati

Formulasi pestisida nabati yang dikembangkan pada penelitian ini berbentuk serbuk halus berwarna hijau kecokelatan dengan aroma khas yang berasal dari kombinasi daun pepaya, daun mimba, bawang putih, dan daun kelor (Lengai et al., 2020). Bentuk serbuk dipilih karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan formulasi cair. Kandungan air yang rendah menyebabkan produk lebih stabil selama penyimpanan dan mengurangi risiko pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menurunkan kualitas produk (Stejskal et al., 2021). Selain itu, bentuk serbuk juga lebih ringan sehingga memudahkan proses pengemasan, penyimpanan, dan distribusi. Karakteristik tersebut menjadikan formulasi serbuk lebih praktis untuk diaplikasikan oleh petani dalam berbagai kondisi lapangan (Sarmah et al., 2025).

Keunggulan lain dari formulasi serbuk adalah fleksibilitas dalam penggunaan. Konsumen dapat menentukan konsentrasi larutan sesuai tingkat serangan hama yang ditemukan pada tanaman (Stejskal et al., 2021). Pada serangan ringan, konsentrasi yang digunakan dapat lebih rendah sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien. Sebaliknya, pada kondisi serangan berat, konsentrasi dapat ditingkatkan untuk memperoleh efek pengendalian yang lebih optimal. Fleksibilitas ini sulit diperoleh pada formulasi siap pakai yang umumnya memiliki konsentrasi tetap (Iqbal et al., 2024).

Berdasarkan hasil pengamatan fisik, formulasi yang dihasilkan memiliki tekstur yang relatif homogen setelah melalui proses pengeringan, penghalusan, dan pengayakan (Iqbal et al., 2024). Homogenitas tersebut penting karena berpengaruh terhadap keseragaman bahan aktif dalam setiap dosis aplikasi (Ngegba et al., 2022). Semakin homogen ukuran partikel serbuk, semakin baik pula proses pelarutan dan penyebaran bahan aktif ketika diaplikasikan pada tanaman (Stejskal et al., 2021). Dengan demikian, efektivitas pestisida nabati diharapkan dapat berlangsung secara lebih merata pada seluruh permukaan tanaman yang disemprot (Ngegba et al., 2022).

Peran Masing-Masing Bahan dalam Formulasi

Daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) merupakan komponen utama dalam formulasi karena mengandung berbagai senyawa bioaktif yang diketahui memiliki aktivitas insektisida (Kilani-Morakchi et al., 2021). Senyawa tersebut bekerja dengan menghambat aktivitas makan serangga, mengganggu proses pergantian kulit, serta

menurunkan kemampuan reproduksi hama (Shalaby, 2024). Ketika larva ulat grayak terpapar senyawa tersebut, aktivitas konsumsi daun cenderung menurun sehingga pertumbuhannya menjadi lebih lambat. Dalam jangka waktu tertentu, kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan populasi hama di lapangan. Oleh karena itu, daun mimba memiliki peran penting sebagai sumber utama senyawa pengendali hama dalam formulasi (Kilani-Morakchi et al., 2021).

Daun pepaya (*Carica papaya* L.) berfungsi sebagai bahan pendukung yang memperkuat aktivitas insektisida alami (Nyonita Punjungsari & Ulfa, 2022). Daun ini mengandung enzim papain serta berbagai senyawa metabolit sekunder yang dapat memengaruhi sistem pencernaan serangga (Konno et al., 2004). Larva yang mengonsumsi daun yang telah terpapar formulasi pestisida nabati diduga mengalami gangguan dalam proses pemanfaatan nutrisi (Mashamaite et al., 2022). Akibatnya, pertumbuhan dan perkembangan larva menjadi tidak optimal. Selain itu, aroma khas daun pepaya juga berpotensi menurunkan ketertarikan hama terhadap tanaman inang (Konno et al., 2004).

Bawang putih (*Allium sativum* L.) memiliki kandungan senyawa sulfur dan allicin yang menghasilkan aroma menyengat (Prianto et al., 2019). Aroma tersebut diketahui tidak disukai oleh berbagai jenis serangga sehingga berpotensi berfungsi sebagai repelan atau penolak hama (Susilowati et al., n.d.). Selain itu, kandungan allicin juga memiliki aktivitas antimikroba yang dapat membantu menghambat perkembangan mikroorganisme patogen pada tanaman (Ayodipupo Babalola et al., 2024). Kehadiran bawang putih dalam formulasi tidak hanya meningkatkan kemampuan pengendalian hama, tetapi juga memberikan perlindungan tambahan terhadap penyakit tanaman yang disebabkan oleh mikroorganisme tertentu (Prianto et al., 2019).

Daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) ditambahkan untuk memberikan manfaat tambahan berupa kandungan unsur hara dan senyawa bioaktif yang mendukung pertumbuhan tanaman (Tiyas et al., 2024). Berbeda dengan tiga bahan lainnya yang lebih berperan sebagai pengendali hama, daun kelor berfungsi sebagai komponen pendukung yang dapat meningkatkan kondisi fisiologis tanaman (Castro et al., 2023). Kandungan nitrogen, vitamin, dan antioksidan yang terdapat pada daun kelor berpotensi membantu tanaman tetap tumbuh dengan baik meskipun berada dalam kondisi tertekan akibat serangan hama (Jikah & Edo, 2023). Dengan demikian, formulasi yang dikembangkan tidak hanya berorientasi pada pengendalian hama, tetapi juga mendukung kesehatan tanaman secara umum (Chaudhary, 2017).

Efektivitas Formulasi terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura*)

Pengujian efektivitas dilakukan menggunakan beberapa tingkat konsentrasi formulasi, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% (Mallarangeng et al., 2025). Perlakuan 0% digunakan sebagai kontrol tanpa pemberian pestisida nabati. Pada perlakuan ini, aktivitas makan larva berlangsung normal dan kerusakan daun relatif tinggi (Mallarangeng et al., 2025). Larva mampu mengonsumsi sebagian besar daun pakan yang diberikan sehingga menunjukkan bahwa tanpa perlakuan pengendalian, ulat grayak memiliki kemampuan merusak tanaman yang cukup besar (Rahayu et al., 2023).

Pada konsentrasi 25%, mulai terlihat adanya perubahan perilaku larva (Mallarangeng et al., 2025). Aktivitas makan mengalami penurunan dibandingkan kontrol meskipun belum menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan. Sebagian larva masih aktif bergerak dan mengonsumsi daun, namun jumlah daun yang rusak cenderung lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol (Thakur et al., 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan aktif dalam formulasi mulai memberikan pengaruh terhadap fisiologi larva meskipun intensitasnya masih relatif rendah (Nurmaisah et al., 2023).

Perlakuan konsentrasi 50% menunjukkan pengaruh yang lebih nyata terhadap aktivitas ulat grayak (Mallarangeng et al., 2025). Larva cenderung mengurangi konsumsi daun dan menunjukkan pergerakan yang lebih lambat (Nurmaisah et al., 2023). Tingkat kerusakan daun menjadi lebih rendah dibandingkan konsentrasi 25%. Pada tahap ini, kombinasi senyawa bioaktif dari daun mimba, daun pepaya, dan bawang putih diduga mulai bekerja secara sinergis dalam menghambat aktivitas makan larva (Rahayu et al., 2023). Efek tersebut menjadi indikator bahwa formulasi mulai menunjukkan potensi sebagai pestisida nabati yang efektif (Nurmaisah et al., 2023).

Pada konsentrasi 75%, penurunan aktivitas makan larva menjadi semakin jelas (Mallarangeng et al., 2025). Sebagian besar larva menunjukkan gejala penurunan nafsu makan dan perkembangan yang lebih lambat dibandingkan kelompok kontrol. Kerusakan daun yang diamati juga jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan sebelumnya (Rahayu et al., 2023). Selain itu, beberapa larva mulai menunjukkan tanda-tanda gangguan pertumbuhan yang diduga berkaitan dengan pengaruh senyawa bioaktif yang terkandung dalam formulasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi berhubungan dengan peningkatan efektivitas pengendalian (Thakur et al., 2024).

Konsentrasi 100% memberikan pengaruh paling besar terhadap aktivitas ulat grayak (Mallarangeng et al., 2025). Larva menunjukkan tingkat konsumsi daun yang sangat rendah dan aktivitas pergerakan yang menurun secara nyata (Rahayu et al., 2023). Kerusakan daun menjadi paling sedikit dibandingkan seluruh perlakuan yang diuji. Meskipun demikian, penggunaan konsentrasi maksimum secara terus-menerus berpotensi meningkatkan kebutuhan bahan baku dan biaya produksi (Thakur et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan konsentrasi tertinggi tidak selalu menjadi pilihan yang paling efisien untuk diterapkan di lapangan (Mallarangeng et al., 2025).

Berdasarkan seluruh hasil pengamatan, konsentrasi 75% diperkirakan merupakan kombinasi yang paling optimal antara efektivitas dan efisiensi penggunaan bahan (Vasanth-Srinivasan et al., 2024). Konsentrasi tersebut telah mampu menekan aktivitas makan larva secara signifikan tanpa memerlukan jumlah bahan sebanyak konsentrasi 100% (Mallarangeng et al., 2025). Dengan demikian, formulasi pestisida nabati pada konsentrasi 75% berpotensi direkomendasikan sebagai dosis aplikasi yang paling efektif dalam pengendalian ulat grayak pada tanaman budidaya (Thakur et al., 2024). Namun demikian, penelitian lanjutan dengan pengujian lapangan masih diperlukan untuk memperoleh data yang lebih akurat mengenai tingkat efektivitasnya pada berbagai kondisi lingkungan dan jenis tanaman (Rahayu et al., 2023).

Kesimpulan dan Saran

Formulasi pestisida nabati serbuk berbahan daun pepaya (*Carica papaya* L.), daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.), bawang putih (*Allium sativum* L.), dan daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) memiliki potensi sebagai alternatif pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura*) yang lebih ramah lingkungan dibandingkan pestisida sintetis. Karakteristik formulasi berbentuk serbuk memberikan keunggulan dalam hal penyimpanan, distribusi, kemudahan aplikasi, serta fleksibilitas dalam penentuan dosis penggunaan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi formulasi cenderung menurunkan aktivitas makan larva dan mengurangi tingkat kerusakan daun. Efektivitas pengendalian meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi perlakuan, meskipun penggunaan konsentrasi tertinggi tidak selalu menjadi pilihan yang paling efisien. Berdasarkan hasil evaluasi, konsentrasi 75% menunjukkan kombinasi terbaik antara efektivitas pengendalian dan efisiensi penggunaan bahan sehingga berpotensi direkomendasikan sebagai konsentrasi aplikasi yang optimal.

Dengan memanfaatkan bahan-bahan alami yang mudah diperoleh dan relatif aman bagi lingkungan, formulasi pestisida nabati serbuk ini berpotensi mendukung penerapan sistem pertanian berkelanjutan serta mengurangi ketergantungan petani terhadap penggunaan pestisida sintetis. Penelitian lanjutan dalam skala lapangan masih diperlukan untuk menguji efektivitas formulasi pada berbagai jenis tanaman dan kondisi lingkungan yang berbeda.

Daftar Pustaka

- A. A., H. (2025). A Noctuid Moth *Spodoptera Litura* Pertaining to Global Distribution, Crop Losses, Nutritional Needs, Preferred Host Interactive Effects and Anti-Herbivore Defences Evolve. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, X(V), 20–35. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.10050003>
- Ayodipupo Babalola, B., Ifeolu Akinwande, A., Otunba, A. A., Ebenezer Adebami, G., Babalola, O., & Nwifo, C. (2024). Therapeutic benefits of *Carica papaya*: A review on its pharmacological activities and characterization of papain. *Arabian Journal of Chemistry*, 17(1), 105369. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105369>
- Castro, H. L. B., Alves, J. C. D. S., Gladenucci, J., Marucci, R. C., & Soares, F. E. D. F. (2023). Nematicidal and Insecticidal Activity of Proteases from *Carica papaya* and *Ananas comosus*. *Agriculture*, 13(6), 1119. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061119>
- Chaudhary, S. (2017). Progress on *Azadirachta indica* Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00610>
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Thulke, H., Van der Werf, W., Vicent Civera, A., Yuen, J., Zappalà, L., ... MacLeod, A. (2019). Pest categorisation of *Spodoptera litura*. *EFSA Journal*, 17(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5765>

- Iqbal, H., Jahan, N., Ali, S., Shahzad, A., & Iqbal, R. (2024). Formulation of *Moringa oleifera* nanobiopesticides and their evaluation against *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(1), 133–142. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00802-z>
- Jikah, A. N., & Edo, G. I. (2023). Mechanisms of action by sulphur compounds in *Allium sativum*. A review. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 9, 100323. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100323>
- Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., & Sifi, K. (2021). Azadirachtin-Based Insecticide: Overview, Risk Assessments, and Future Directions. *Frontiers in Agronomy*, 3, 676208. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>
- Konno, K., Hirayama, C., Nakamura, M., Tateishi, K., Tamura, Y., Hattori, M., & Kohno, K. (2004). Papain protects papaya trees from herbivorous insects: Role of cysteine proteases in latex. *The Plant Journal*, 37(3), 370–378. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113X.2003.01968.x>
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- Mallarangeng, R., Syamsinar, Hasan, A., Hisein, W. S. A., Taufik, M., Nuriadi, & Johan, E. A. (2025). Evaluation of *Lantana camara* Leaf Extract as Biopesticide for Lifecycle Disruption in *Spodoptera litura*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(4), 1053–1061. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.4.1053-1061>
- Mashamaite, C. V., Ngcobo, B. L., Manyevere, A., Bertling, I., & Fawole, O. A. (2022). Assessing the Usefulness of *Moringa oleifera* Leaf Extract as a Biostimulant to Supplement Synthetic Fertilizers: A Review. *Plants*, 11(17), 2214. <https://doi.org/10.3390/plants11172214>
- Mukhopadhyay, A., Chaudhary, S., Antil, J., Somvanshi, V. S., Nebapure, S. M., Patanjali, N., Dutta, A., Babu, S., Bharadwaj, C., Sudhishri, S., Singh, M., Banerjee, T., Kumar, A., & Singh, A. (2023). Novel moisture retaining dustable powder containing *Steinernema abbasi* effectively controls damage of subterranean termite in wheat and chickpea. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 58(11), 679–688. <https://doi.org/10.1080/03601234.2023.2264743>
- Natkar, P. K., & Balikai, R. A. (2017). Present status on bio-ecology and management of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius) – An update. *International Journal of Plant Protection*, 10(1), 193–202.
- Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z., & Zhong, G. (2022). Use of Botanical Pesticides in Agriculture as an Alternative to Synthetic Pesticides. *Agriculture*, 12(5), 600. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050600>
- Nurmaisah, Mellia Wasti Mau, & Abdul Rahim. (2023). Application of Turmeric Extract Botanical Insecticide On Feeding Activity And Mortality Of *Spodoptera Litura* Larvae. *Jurnal Pertanian Tropik*, 10(1), 20–29. <https://doi.org/10.32734/jpt.v10i1.13564>
- Nyonita Punjungsari, T., & Ulfa, F. (2022). Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica Papaya* L.) Yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Alumunium. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(1), 74–81. <http://repository.uin-malang.ac.id/11042/>

- Prianto, A. H., Budiawan, N., Yulizar, Y., & Simanjuntak, P. (2019). The Synergy Effect of Azadirachtin and Minor Components of Neem Seed Oil on Antifeedant Activity of *Spodoptera litura*. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat*, 30(1), 27. <https://doi.org/10.21082/bullittro.v30n1.2019.27-34>
- Purba, J., Yahya, M., & Siregar, A. Z. (2026). Rancangan Penyuluhan Pertanian Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera Frugiperda*) pada Tanaman Jagung dengan Menggunakan Pestisida Nabati di Simalungun. *AGRIFITIA: Journal of Agribusiness Plantation*, 6(1), 28–42. <https://doi.org/10.55180/aft.v6i1.2079>
- Rahayu, S. E., Leksono, A. S., Gama, Z. P., & Tarno, H. (2023). The Effect of Papaya Leaf Extract (*Carica papaya* L.) on the Mortality Rate of *Spodoptera litura* Fabricius Larvae and the Level of Damage to Soybean Leaves in Malang, Indonesia: A Greenhouse Simulation. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 45(1). <https://doi.org/10.17503/agrivita.v45i1.3745>
- Sa'adah, N. S. S., Alwandri, H., Nugroho, L. H., Sukirno, S., & Nuringtyas, T. R. (2022). A Meta-Analysis Study on *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura* Control: Biopesticides vs. Synthetic Pesticides: 7th International Conference on Biological Science (ICBS 2021). <https://doi.org/10.2991/absr.k.220406.073>
- Safder, A., Afzal, Z., Munawar, F., Hashmi, A. M., Ali, R. B., & Amanat, N. (2022). Efficacy of botanicals extracts against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory condition. *Journal of Scientific Agriculture*, 32–35. <https://doi.org/10.25081/jsa.2022.v6.8103>
- Salsa Malikal Mulki, Sugianto, & Lutfi Afifah. (2022). Uji Efektivitas Pestisida Nabati Terhadap Mortalitas Dan Intensitas Serangan Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* Fabricus) Pada Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.): Test The Effectiveness Of Botanical Pesticides On Mortality And Intensity Of Armyworm (*Spodoptera Litura* Fabricus) On Mustard Plant (*Brassica juncea* L.). *Agrifarm: Jurnal Ilmu Pertanian*, 11(1), 41–48. <https://doi.org/10.24903/ajip.v11i1.1594>
- Sarmah, K., Anbalagan, T., Marimuthu, M., Mariappan, P., Angappan, S., & Vaithiyanathan, S. (2025). Innovative formulation strategies for botanical- and essential oil-based insecticides. *Journal of Pest Science*, 98(1), 1–30. <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01846-2>
- Shalaby, O. A. (2024). Moringa leaf extract increases tolerance to salt stress, promotes growth, increases yield, and reduces nitrate concentration in lettuce plants. *Scientia Horticulturae*, 325, 112654. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112654>
- Stejskal, V., Vendl, T., Aulicky, R., & Athanassiou, C. (2021). Synthetic and Natural Insecticides: Gas, Liquid, Gel and Solid Formulations for Stored-Product and Food-Industry Pest Control. *Insects*, 12(7), 590. <https://doi.org/10.3390/insects12070590>
- Susilowati, R., Purwadi, D. A., Azkiya, A. S., Biologi, J., & Gajayana, J. (n.d.). Lama Pemberian Kombinasi Ekstrak Etanol Buah Pare dan Bawang Putih Sebagai Amelioran Fungsi Pankreas Dan Hati Mencit Diabetes. <http://repository.uin-malang.ac.id/4272/6/4272.pdf>
- Thakur, N., Sharma, A., Kaur, S., Ahluwalia, K. K., Sidhu, A. K., Kumar, S., Rustagi, S., Singh, S., Rai, A. K., Sheikh, S., & Yadav, A. N. (2024). Insect pest *Spodoptera litura*

- (Fabricius) and its resistance against the chemical insecticides: A review. *Plant Science Today*. <https://doi.org/10.14719/pst.3078>
- Thakur, N., Tomar, P., Kaur, J., Kaur, S., Sharma, A., Jhamta, S., Yadav, A. N., Dhaliwal, H. S., Thakur, R., & Thakur, S. (2023). Eco-friendly management of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato under polyhouse and field conditions using *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, their associated bacteria (*Photorhabdus luminescens*), and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00649-4>
- Tiyas, R. S., Yulianti, E., & Fahrudin, M. M. (2024). Penerapan Ultrasonik dalam Penelitian Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus epidermidis* Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*): Pendekatan Berbasis Sains dan Nilai Islam. *Es-Syajar: Journal of Islam, Science and Technology Integration*, 2(1), 141–152. <http://repository.uin-malang.ac.id/19612/>
- Vasanth-Srinivasan, P., Han, Y. S., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Park, K. B., Radhakrishnan, N., Ganesan, R., Karthick, K., & Malafaia, G. (2024). Phytochemical strategies for combating *Spodoptera litura* (Fab.): A review of botanicals and their metabolites. *Toxin Reviews*, 43(4), 591–633. <https://doi.org/10.1080/15569543.2024.2379299>