

## Edukasi Penggunaan Insektisida Nabati Inovatif Berteknologinano di Kelompok Tani Kubu Dalam Parak Karakah, Padang

### *Education on the Use of Innovative Vegetable Insecticides with Nanotechnology in Kubu Dalam Farmers Group, Parak Karakah, Padang*

Duma Putri Tama\*

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

\*e-mail korespondensi: [dumaputri@agr.unand.ac.id](mailto:dumaputri@agr.unand.ac.id)

**Riwayat Artikel:**

Diterima: 27 April 2025

Revisi: 28 Mei 2025

Disetujui: 14 Juli 2025

Publikasi: 20 September 2025

**Hak Cipta:** ©2025 oleh penulis.

**Keywords:** botanical insecticide, eco-friendly agriculture, farmer education, nanobubble technology

**Kata kunci:** edukasi petani, insektisida nabati, pertanian ramah lingkungan, teknologi nano

**Abstract:** *This community service activity was conducted to improve farmers' knowledge and skills in using botanical insecticides integrated with nanobubble technology as an eco-friendly alternative for pest control. The target audience was the Kubu Dalam Farmer Group in Parak Karakah, Padang City, who have relied heavily on synthetic chemical insecticides. The methods used included participatory counseling, demonstrations of botanical insecticide formulation, and direct field application practices. The materials focused on the benefits of botanical insecticides, the working mechanism of nanobubble technology, and the procedures for preparation and application in the field. The results showed a significant improvement in farmers' understanding of the risks of chemical insecticides and the potential of botanical alternatives. Most participants expressed enthusiasm to adopt the introduced technology in their farming practices independently. In conclusion, the education on nanobubble-based botanical insecticides has successfully introduced new insights and encouraged behavioral changes toward more sustainable and environmentally friendly agricultural practices.*

**Abstrak:** Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam menggunakan insektisida nabati berbasis teknologi nano sebagai solusi alternatif dalam pengendalian hama yang ramah lingkungan. Sasaran kegiatan adalah Kelompok Tani Kubu Dalam, Parak Karakah, Kota Padang yang selama ini bergantung pada insektisida kimia sintetis. Metode kegiatan yang digunakan meliputi penyuluhan partisipatif, demonstrasi formulasi insektisida nabati, dan praktik langsung aplikasi di lahan. Materi difokuskan pada manfaat insektisida nabati, mekanisme kerja teknologi nanobubbles, serta tata cara pembuatan dan penerapan di lapangan. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman petani mengenai bahaya insektisida kimia dan potensi penggunaan insektisida nabati. Sebagian besar peserta menunjukkan antusiasme untuk menerapkan teknologi ini secara mandiri di lahan mereka. Kesimpulannya, edukasi mengenai insektisida nabati berteknologi nanobubbles mampu memberikan pemahaman baru dan mendorong perubahan sikap petani menuju praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

## 1. PENDAHULUAN

Permasalahan penggunaan insektisida kimia sintetis dalam pertanian terus menjadi isu lingkungan dan kesehatan yang serius. Pemakaian jangka panjang tidak hanya menimbulkan resistensi hama, tetapi juga mencemari tanah dan air serta membahayakan organisme non-target, termasuk manusia (Nasruddin et al., 2020). Insektisida nabati merupakan salah satu solusi yang berkembang sebagai alternatif terhadap insektisida kimia. Bahan alami dari tumbuhan seperti *Tephrosia vogelii*, *Azadirachta indica*, dan *Annona squamosa* terbukti memiliki aktivitas insektisida terhadap berbagai jenis hama tanaman hortikultura (Putra & Wulandari, 2019; Fitriani et al., 2022). Namun, tantangan utama dari penggunaan insektisida nabati adalah kestabilan formulasi dan efektivitasnya di lapangan.

Teknologi nano merupakan inovasi baru dalam formulasi pestisida cair. Nanobubbles adalah gelembung gas berukuran <200 nm yang mampu meningkatkan pelarutan bahan aktif dan memperpanjang waktu kontak dengan permukaan target (Zhou et al., 2021). Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi teknologi nano dalam insektisida nabati dapat meningkatkan efikasi terhadap hama sekaligus menurunkan residu kimia (Ardiansyah et al., 2023). Dalam publikasinya (Tama et al., 2024) menyampaikan insektisida nabati berbahan *Tephrosia vogelii* yang diproduksi menggunakan teknologi nano dapat mengendalikan hama kutu daun pada tanaman brokoli. Beberapa program pengabdian kepada masyarakat di Sumatera Barat telah mencoba memperkenalkan insektisida nabati kepada petani, namun masih minim yang mengintegrasikan pendekatan teknologi tepat guna seperti Teknologinano.

Kelompok Tani Kubu Dalam tidak hanya fokus pada sektor pertanian, tetapi juga

berternak kerbau dan kambing sebagai salah satu sumber penghidupan dan penopang ekonomi keluarga petani. Kegiatan beternak kerbau dan kambing ini berpotensi terdampak oleh penggunaan pestisida kimia secara intensif di sekitar area pertanian milik Kelompok Tani Kubu Dalam. Residu pestisida yang mencemari lingkungan dapat memengaruhi kualitas pakan dan air yang dikonsumsi ternak, sehingga berdampak negatif terhadap kesehatan kerbau. Penting untuk mengedukasi dan mendorong penggunaan pestisida nabati yang lebih ramah lingkungan guna menjaga keberlanjutan budidaya ternak serta ekosistem di wilayah tersebut. Di sisi lain, petani masih menghadapi keterbatasan akses dan pengetahuan terhadap alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan. Kegiatan ini bertujuan memberikan edukasi kepada Kelompok Tani Kubu Dalam, Parak Karakah, Kota Padang, Sumatera Barat mengenai penggunaan insektisida nabati berbasis teknologinano. Oleh karena itu, kegiatan ini diharapkan mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesadaran petani terhadap pentingnya pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## 2. METODE

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah pendekatan partisipatif melalui kombinasi antara penyuluhan interaktif, demonstrasi langsung, dan praktik lapangan. Sasaran kegiatan adalah Kelompok Tani Kubu Dalam di Parak Karakah, Kota Padang. Kegiatan dilaksanakan secara tatap muka selama dua hari, dengan melibatkan penyuluh pertanian, tim pengabdian, dan petani sebagai peserta aktif. Tahapan kegiatan meliputi: identifikasi permasalahan petani melalui diskusi awal, penyampaian materi tentang bahaya penggunaan insektisida kimia dan pengenalan

insektisida nabati berbasis teknologinano, demonstrasi pembuatan dan formulasi insektisida nabati menggunakan bahan lokal dan teknologi nano, serta praktik aplikasi produk secara langsung di lahan pertanian milik anggota kelompok tani.

#### **A. Identifikasi permasalahan petani**

Identifikasi permasalahan dilakukan melalui diskusi awal bersama para petani sebagai langkah awal dalam merancang kegiatan pengabdian yang tepat sasaran. Diskusi ini dilaksanakan secara partisipatif dengan melibatkan kelompok tani dan tokoh masyarakat setempat untuk menggali berbagai permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan budidaya pertanian. Melalui forum tersebut, teridentifikasi sejumlah isu utama seperti rendahnya produktivitas tanaman akibat serangan hama, keterbatasan pengetahuan petani terhadap teknologi pertanian ramah lingkungan, serta minimnya akses terhadap inovasi terbaru dalam pengendalian hama. Hasil diskusi ini kemudian menjadi dasar dalam merumuskan bentuk kegiatan pengabdian yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan lapangan.

#### **B. Penyampaian materi**

Kegiatan penyampaian materi dilakukan sebagai upaya peningkatan pengetahuan petani mengenai dampak negatif penggunaan insektisida kimia secara berlebihan dan berkelanjutan. Materi disampaikan secara interaktif melalui ceramah, diskusi, dan pemutaran video edukatif. Dalam sesi ini, dijelaskan berbagai risiko yang ditimbulkan oleh insektisida kimia, antara lain pencemaran lingkungan, resistensi hama, gangguan kesehatan pada manusia, serta penurunan keanekaragaman hayati. Selanjutnya, peserta dikenalkan dengan alternatif pengendalian hama yang lebih aman dan berkelanjutan, yaitu

insektisida nabati berbasis teknologi nano. Materi mencakup prinsip dasar insektisida nabati, keunggulan teknologi nano dalam meningkatkan efikasi bahan aktif alami, serta potensi aplikasinya dalam budidaya tanaman hortikultura. Penyampaian materi ini diharapkan mampu membangun kesadaran petani untuk beralih ke metode pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Untuk mengukur keberhasilan kegiatan, digunakan instrumen pre-test dan post-test untuk menilai peningkatan pengetahuan peserta mengenai insektisida nabati dan teknologi nano. Selain itu, dilakukan observasi langsung terhadap antusiasme dan partisipasi aktif peserta selama kegiatan berlangsung. Penilaian kualitatif dilakukan melalui wawancara terbuka terhadap beberapa peserta untuk mengetahui perubahan sikap dan niat dalam mengadopsi teknologi yang diperkenalkan. Tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan juga dievaluasi dari aspek sosial melalui keterlibatan aktif peserta dalam diskusi dan kerja sama antaranggota kelompok tani. Dari sisi ekonomi, dilakukan pengumpulan data awal dan akhir mengenai preferensi penggunaan pestisida oleh petani serta estimasi pengurangan biaya penggunaan insektisida kimia setelah kegiatan dilakukan.

#### **C. Demonstrasi pembuatan**

Setelah penyampaian materi, kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi langsung mengenai proses pembuatan dan formulasi insektisida nabati berbasis teknologi nano. Demonstrasi ini bertujuan untuk memberikan keterampilan praktis kepada petani agar mampu membuat dan memanfaatkan insektisida nabati secara mandiri. Bahan aktif yang digunakan berasal dari tanaman lokal yang mudah ditemukan dan memiliki potensi sebagai insektisida alami, seperti *Tephrosia vogelii*. Dalam sesi ini, peserta diperkenalkan pada

tahapan ekstraksi bahan aktif, formulasi nanoemulsi menggunakan metode magnetic stirrer sederhana, serta teknik penetesan pelarut dan surfaktan alami. Selain itu, disampaikan pula cara penyimpanan dan aplikasi di lapangan agar efektivitas insektisida tetap optimal. Petani dilibatkan secara aktif dalam setiap tahap proses, sehingga mampu memahami konsep dan praktik pembuatan insektisida nabati berbasis nano secara menyeluruh dan aplikatif.

#### D. Praktek aplikasi produk

Sebagai tindak lanjut dari kegiatan demonstrasi, dilakukan praktik aplikasi langsung produk insektisida nabati berbasis teknologi nano di lahan pertanian milik anggota kelompok tani. Kegiatan ini bertujuan untuk menguji efektivitas produk secara nyata di lapangan sekaligus memberikan pengalaman langsung kepada petani dalam penggunaan insektisida nabati. Praktik dilakukan pada tanaman hortikultura yang sedang mengalami serangan hama, dengan panduan dosis dan cara aplikasi yang telah disesuaikan dengan standar formulasi. Petani didampingi secara langsung oleh tim pengabdian selama proses aplikasi, mulai dari pencampuran, penyemprotan, hingga

observasi pasca-aplikasi. Melalui kegiatan ini, petani dapat melihat secara langsung manfaat dan potensi dari penggunaan insektisida nabati dalam mengendalikan hama tanpa harus bergantung pada bahan kimia sintetis. Kegiatan ini juga menjadi momen penting untuk membangun kepercayaan dan kesiapan petani dalam mengadopsi inovasi pertanian yang ramah lingkungan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Identifikasi permasalahan petani

Hasil identifikasi permasalahan yang dilakukan melalui diskusi awal bersama para petani menunjukkan bahwa sebagian besar petani di Kelompok Tani Kubu Dalam masih mengandalkan penggunaan insektisida kimia dalam pengendalian hama tanaman. Penggunaan ini dilakukan secara rutin tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan maupun kesehatan. Petani mengungkapkan bahwa pilihan tersebut didasarkan pada kemudahan akses dan hasil yang dirasa cepat dalam mengatasi serangan hama.



Gambar 1. Diskusi awal dengan petani

Namun di sisi lain, beberapa petani mulai merasakan penurunan efektivitas produk kimia tersebut, yang ditandai dengan munculnya hama yang lebih resisten serta gangguan kesehatan ringan akibat paparan berulang dan

hewan ternak di sekitar pertanaman mengalami penurunan kesehatan. Terdapat 1 ekor kerbau yang dimiliki oleh kelompok tani kubu dalam yang hamil namun kondisi kesehatannya menurun. Temuan ini telah menjadi dasar

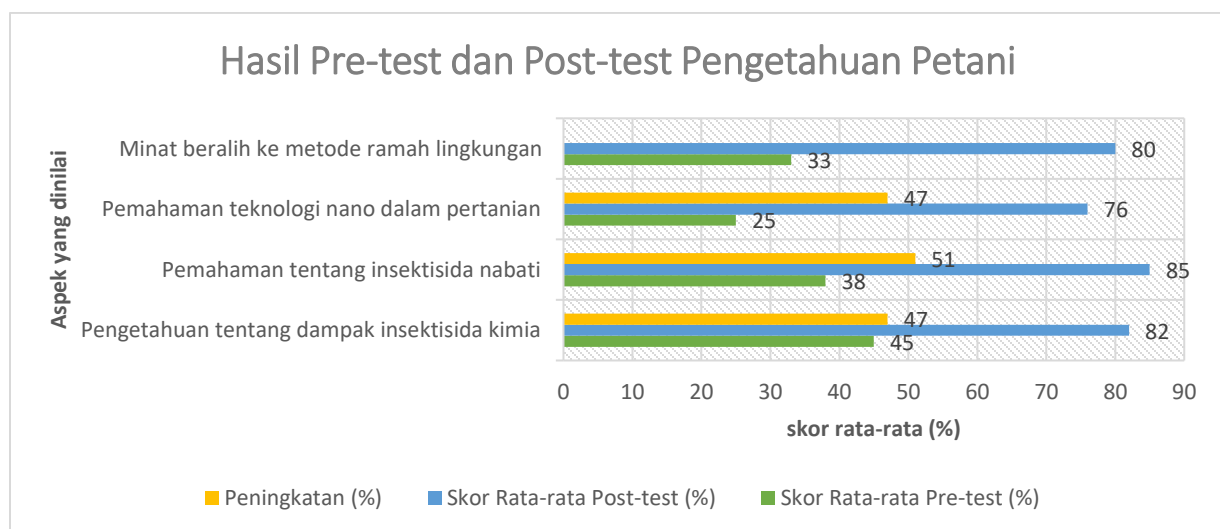
penting dalam merancang kegiatan pengabdian yang bertujuan mengenalkan alternatif pengendalian hama yang lebih aman dan berkelanjutan. Situasi ini semakin memperkuat urgensi untuk beralih pada pendekatan ramah lingkungan, mengingat dampaknya tidak hanya pada tanaman, tetapi juga pada kesejahteraan hewan ternak dan kesehatan petani secara keseluruhan.

### B. Penyampaian materi

Edukasi yang telah diberikan kepada petani difokuskan pada peningkatan pemahaman mengenai dampak negatif penggunaan insektisida kimia serta pengenalan terhadap insektisida nabati berbasis teknologi nano sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan. Edukasi ini telah berhasil membangun kesadaran awal di kalangan petani untuk mulai mempertimbangkan penggunaan insektisida nabati sebagai bagian dari upaya pertanian berkelanjutan. Sesi ini disambut dengan antusias oleh para petani yang aktif mengajukan pertanyaan seputar efektivitas insektisida nabati, ketersediaan bahan baku

lokal, hingga cara penerapannya di lapangan. Untuk mengetahui sejauh mana pemahaman peserta terhadap materi yang diberikan, dilakukan evaluasi melalui pre-test dan post-test. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pengetahuan petani, yang mencerminkan keberhasilan penyuluhan dalam membangun kesadaran terhadap pentingnya penggunaan pestisida ramah lingkungan.

Gravik hasil evaluasi (Gambar. 2) menunjukkan peningkatan yang signifikan pada seluruh aspek yang dinilai. Rata-rata nilai pre-test berada pada angka 35,3%, yang mencerminkan rendahnya pengetahuan awal petani terkait pengelolaan hama secara ramah lingkungan. Setelah mengikuti penyuluhan, skor rata-rata post-test meningkat menjadi 80,8%. Aspek dengan peningkatan tertinggi adalah pemahaman teknologi nano, yang sebelumnya masih asing bagi sebagian besar peserta. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan edukasi yang dilaksanakan berhasil meningkatkan pengetahuan dan kesadaran petani dalam penggunaan insektisida yang lebih aman dan berkelanjutan.



Gambar 2. Hasil evaluasi pengetahuan petani

Pemahaman mendalam mengenai berbagai dampak negatif penggunaan insektisida kimia dalam jangka panjang telah di edukasikan kepada kelompok tani. Materi yang disampaikan menekankan bahwa penggunaan insektisida kimia secara berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, khususnya pada tanah dan air yang menjadi sumber kehidupan utama dalam pertanian (Prabowo dan Wibowo, 2022). Selain itu, dijelaskan pula bahwa penggunaan bahan kimia yang tidak bijak dapat memicu resistensi hama, sehingga serangan hama menjadi lebih sulit dikendalikan di masa depan.

Risiko terhadap kesehatan manusia, seperti iritasi kulit, gangguan pernapasan, hingga efek karsinogenik akibat paparan kronis, juga menjadi perhatian penting dalam sesi ini. Tak kalah penting, peserta diajak untuk memahami bahwa insektisida kimia turut mengancam keberlanjutan keanekaragaman hayati, dengan membunuh organisme non-target yang berperan penting dalam ekosistem pertanian. Pemahaman ini diharapkan mampu membangun kesadaran kritis petani untuk mempertimbangkan alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan.



Gambar 3. Kegiatan edukasi penggunaan insektisida nabati inovatif berteknologinano di kelompok tani kubu dalam parak karakah, padang.

### C. Demonstrasi pembuatan

Hasil kegiatan demonstrasi menunjukkan bahwa peserta, yang terdiri dari anggota kelompok tani, mampu mengikuti seluruh tahapan pembuatan insektisida nabati berbasis teknologi nano dengan baik. Para petani tampak antusias dan aktif bertanya selama proses demonstrasi, terutama terkait teknik ekstraksi bahan aktif dan formulasi nanoemulsi menggunakan metode magnetic stirrer sederhana. Sebagian besar peserta berhasil melakukan pencampuran bahan aktif, pelarut,

dan surfaktan alami secara mandiri dengan bimbingan minimal dari tim pengabdian. Produk nanoemulsi insektisida nabati yang dihasilkan menunjukkan karakteristik fisik yang stabil dan homogen (Siregar dan Fitriyani, 2019). Selain itu, peserta juga memahami pentingnya prosedur penyimpanan dan aplikasi lapangan untuk menjaga efektivitas insektisida nabati (Kah, 2013). Secara umum, kegiatan ini berhasil meningkatkan keterampilan teknis petani dalam membuat dan memanfaatkan potensi tanaman lokal sebagai bahan insektisida yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Demonstrasi pembuatan nanoemulsi insektisida nabati dan (b) Ekstrak *T. vogelii*

#### D. Praktek aplikasi produk

Hasil praktik aplikasi produk di lahan menunjukkan bahwa insektisida nabati berbasis teknologi nano mampu memberikan dampak positif dalam pengendalian hama pada tanaman hortikultura. Petani yang terlibat juga menyampaikan bahwa produk yang digunakan lebih mudah diaplikasikan, tidak menimbulkan bau menyengat, dan tidak menyebabkan efek negatif pada tanaman. Selain itu, petani menjadi lebih percaya diri untuk menggunakan insektisida nabati sebagai alternatif pengendalian hama yang lebih aman dan ramah lingkungan. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis petani dalam aplikasi produk, tetapi juga memperkuat pemahaman mereka akan pentingnya inovasi

berbasis teknologi dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Meskipun hasil awal menunjukkan respons positif, terdapat beberapa tantangan yang diidentifikasi selama praktik lapangan. Beberapa petani mengungkapkan perlunya penyesuaian terhadap dosis aplikasi dan teknik penyemprotan agar hasilnya lebih optimal di berbagai jenis tanaman dan kondisi lingkungan. Selain itu, keterbatasan alat sederhana untuk formulasi nano di tingkat petani juga menjadi catatan penting untuk pengembangan program pelatihan lanjutan. Oleh karena itu, diperlukan upaya berkelanjutan dalam bentuk pendampingan teknis dan penyediaan alat pendukung sederhana agar teknologi ini dapat diadopsi lebih luas dan berkelanjutan di masa depan.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) *Prototype* botol produk insektisida siap pakai dan (b) praktik aplikasi di lahan

#### 4. KESIMPULAN

Penyampaian materi edukasi, demonstrasi pembuatan insektisida nabati berbasis teknologi nano, serta praktik aplikasi di lahan pertanian berjalan dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Hasil kegiatan menunjukkan petani mampu memahami bahaya penggunaan insektisida kimia dan menunjukkan antusiasme tinggi terhadap alternatif pengendalian hama berbasis bahan alami lokal. Dalam demonstrasi, peserta berhasil mengikuti tahapan formulasi nanoemulsi secara mandiri dengan hasil produk yang stabil dan homogen. Pada praktik lapangan, aplikasi insektisida nabati menunjukkan efektivitas nyata dalam menurunkan serangan hama tanpa menyebabkan kerusakan pada tanaman. Kelebihan dari kegiatan ini adalah pendekatan yang partisipatif, penggunaan bahan lokal yang mudah diakses petani, serta pengenalan teknologi nano secara sederhana namun aplikatif. Namun demikian, terdapat beberapa kekurangan, antara lain keterbatasan alat sonikasi sederhana yang mungkin sulit dijangkau oleh seluruh petani jika ingin melakukan produksi massal secara mandiri, serta perlunya observasi jangka panjang untuk memastikan konsistensi efektivitas produk di berbagai kondisi lingkungan.

Sebagai tindak lanjut, pengembangan kegiatan ke depan perlu difokuskan pada pelatihan lanjutan, penyederhanaan proses formulasi agar lebih sesuai untuk skala petani, serta penelitian lebih lanjut mengenai daya simpan dan kestabilan produk insektisida nabati berbasis nano di lapangan. Diharapkan, kegiatan ini dapat menjadi awal dari adopsi teknologi pertanian ramah lingkungan yang berkelanjutan di kalangan petani lokal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Andalas serta Kementerian pendidikan, Sains dan Tehknologi serta terpihak-pihak yang telah memberi dukungan finansial terhadap kegiatan pengabdian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, A., Pratama, R. A., & Sari, D. P. (2023). Application of nano technology in botanical insecticides to improve efficacy and reduce chemical residues. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(2): 120–130.
- Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, W. P. (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1573), 1987–1998.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>.
- Fitriani, N., Putri, A. W., & Ramadhani, S. (2022). Efektivitas ekstrak tanaman *Azadirachta indica* dan *Annona squamosa* terhadap hama tanaman hortikultura. *Jurnal Pertanian Tropika*, 10(1): 45–52.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Kah, M., Beulke, S., Tiede, K., & Hofmann, T. (2013). Nanopesticides: State of knowledge, environmental fate, and exposure modeling. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43(16), 1823–1867.  
<https://doi.org/10.1080/10643389.2012.671750>.



- Nasruddin, N., Fadli, A., & Mahendra, R. (2020). Dampak penggunaan insektisida sintetis terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. *Jurnal Lingkungan dan Pertanian Berkelanjutan*, 8(2): 75–84.
- Putra, M. P., & Wulandari, D. (2019). Potensi insektisida nabati dari tanaman lokal untuk pengendalian hama hortikultura. *Agrinika: Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis*, 3(1): 23–30.
- Prabowo, R. E., & Wibowo, E. S. (2020). Pemanfaatan insektisida nabati dalam pengendalian hama ramah lingkungan. *Jurnal Agronomi Terapan*, 3(2): 55–62. <https://doi.org/10.25077/jat.3.2.55-62.2020>
- Siregar, U. J., & Fitriani, Y. (2019). Teknologi nano dalam formulasi pestisida berbahan aktif alami: Peluang dan tantangan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(1), 15–22. <https://doi.org/10.1234/jtp.v20i1.2345>
- Tama, D.P, Sari, M., & Pratama, F. (2024). Pengembangan insektisida nabati berbahan *Tephrosia vogelii* dengan teknologi nano untuk pengendalian kutu daun pada brokoli. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 12(1): 14–22.
- Zhou, X., Chen, Y., & Wang, J. (2021). The role of nanobubbles in enhancing pesticide formulations: A review. *Journal of Nano Research*, 65, 100–112. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.65.100>.