

## **Pengujian Lima Bioinsektisida terhadap Hama Oteng-oteng (*Aulacophora* sp.) pada Budidaya Melon Berkelanjutan**

### ***Efficacy of Five Bioinsecticides against the Pumpkin Beetle (*Aulacophora* sp.) in Sustainable Melon Cultivation***

**Uswatun Hasanah<sup>1\*</sup>, Muhammad Sarjan<sup>2</sup>, Wahyu Astiko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>(Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

\*corresponding author, email: [useatunhasanah88@gmail.com](mailto:useatunhasanah88@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Melon (*Cucumis melo* L.) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi, tetapi produktivitasnya sering terhambat oleh serangan hama oteng-oteng (*Aulacophora* sp.) yang merusak daun, bunga, dan buah muda. Ketergantungan petani pada pestisida sintesis berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, serta menghambat akses ke pasar produk organik. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya menguji satu jenis bioinsektisida secara terpisah, penelitian ini menghadirkan kajian komparatif terhadap lima jenis bioinsektisida sekaligus dalam satu rancangan percobaan, guna menganalisis pengaruhnya terhadap populasi dan intensitas serangan *Aulacophora* sp., serta menentukan perlakuan paling efektif dalam budidaya melon berkelanjutan. Penelitian dilaksanakan di Desa Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, pada September–Desember 2025, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan enam perlakuan dan empat ulangan. Data dianalisis menggunakan ANOVA taraf 5%, uji BNJ 5%, dan regresi linear sederhana. Hasil menunjukkan bahwa seluruh perlakuan bioinsektisida secara nyata menekan populasi imago dan intensitas serangan *Aulacophora* sp. dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan. Bubuk mimba dan *Beauveria bassiana* menunjukkan efektivitas paling konsisten, dengan populasi imago dan intensitas serangan terendah di antara seluruh perlakuan yang diuji. Analisis regresi menunjukkan hubungan yang kuat antara populasi imago dan intensitas serangan ( $R = 0,873$ ;  $R^2 = 0,762$ ). Dengan demikian, mimba dan *Beauveria bassiana* berpotensi menjadi alternatif bioinsektisida yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengendalikan hama oteng-oteng pada budidaya melon berkelanjutan. Kajian komparatif lima bioinsektisida ini memberikan dasar empiris yang lebih komprehensif bagi petani dalam memilih agen pengendali hayati yang paling sesuai untuk pengendalian hama terpadu pada budidaya melon.

**Kata Kunci:** *beauveria bassiana*; mimba; *aulacophora* sp.; bioinsektisida; intensitas serangan

#### **ABSTRACT**

Melon (*Cucumis melo* L.) is a horticultural commodity of high economic value, yet its productivity is often hindered by infestations of the leaf beetle *Aulacophora* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae), which damages leaves, flowers, and young fruits. Farmers' dependence on synthetic pesticides has negative impacts on the environment and human health, and limits access to organic produce markets. Unlike previous studies that generally examined a single type of bioinsecticide in isolation, this study presents a comparative assessment of five different bioinsecticides simultaneously within a single experimental design, aiming to analyze their effects on the population and attack intensity of *Aulacophora* sp. and to determine the most effective treatment for sustainable melon cultivation. The research was conducted in Sembalun Village, East Lombok Regency, from September to December 2025, using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with six treatments and four replications. Data were analyzed using ANOVA at the 5% significance level, Tukey's HSD test (5%), and simple linear regression. The results showed that all bioinsecticide treatments significantly suppressed the population and attack intensity of *Aulacophora* sp. compared to the untreated control. Neem powder and *Beauveria bassiana* demonstrated the most consistent effectiveness, yielding the lowest imago population and attack intensity among all treatments tested. Regression analysis revealed a strong relationship between imago population and attack intensity ( $R = 0.873$ ;  $R^2 = 0.762$ ). These findings indicate that neem powder and *Beauveria bassiana* have strong potential as effective, environmentally friendly bioinsecticide alternatives for controlling *Aulacophora* sp. in sustainable melon cultivation. This comparative evaluation of five bioinsecticides provides a more comprehensive empirical basis for farmers in selecting the most suitable biological control agents for integrated pest management in melon cultivation.

**Keywords:** *beauveria bassiana*; neem; *aulacophora* sp.; bioinsecticide; attack intensity

## PENDAHULUAN

Melon (*Cucumis melo* L.) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi dengan permintaan pasar yang terus berkembang, namun produksi nasionalnya menunjukkan tren belum stabil, menurun dari 138.177 ton pada 2020 menjadi 118.711 ton pada 2022 (BPS, 2023). Salah satu penghambat produktivitas yang signifikan adalah serangan hama oteng-oteng (*Aulacophora* sp.), kumbang daun famili Chrysomelidae yang merusak daun, bunga, dan buah muda, dengan potensi kehilangan hasil mencapai 35-75% pada fase bibit dan hingga 100% apabila tidak dikendalikan (Regmi & Paudel, 2020).

Pengendalian hama ini selama ini masih banyak mengandalkan pestisida sintetis, yang berdampak negatif terhadap lingkungan, memicu resistensi hama, meninggalkan residu toksik pada produk panen, serta menghambat akses petani ke pasar premium dan ekspor (Dhaifulloh *et al.*, 2024). Kondisi ini mendorong kebutuhan alternatif pengendalian yang lebih aman dan selaras dengan prinsip budidaya berkelanjutan.

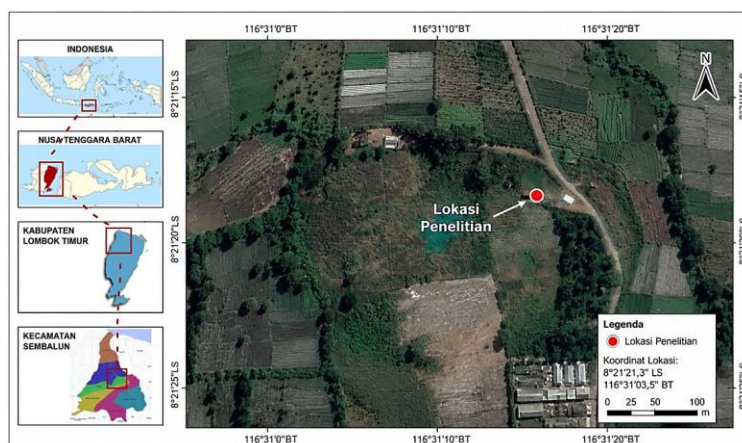
Sebagai alternatif, berbagai bahan nabati dan agen hayati telah menunjukkan potensi sebagai bioinsektisida, antara lain ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*), limbah kulit batang tembakau (*Nicotiana tabacum*), mimba (*Azadirachta indica*), serta agen hayati *Beauveria bassiana* dan *Bacillus thuringiensis*, yang bekerja melalui mekanisme repelan, antifeedant, neurotoksik, maupun infeksi mikroba terhadap serangga target (Irawan *et al.*, 2024; Sarjan *et al.*, 2020; Su *et al.*, 2023; Sharma *et al.*, 2024). Penerapan tanaman refugia seperti bunga matahari, kenikir, dan marigold juga terbukti mendukung keberadaan musuh alami sebagai komponen pengendalian ekologis (Sarjan *et al.*, 2023).

Meskipun potensi masing-masing bahan tersebut telah dikaji secara terpisah, kajian komparatif yang menguji kelima jenis bioinsektisida ini secara bersamaan terhadap *Aulacophora* sp. pada budidaya melon berkelanjutan masih sangat terbatas, termasuk di kawasan dataran tinggi seperti Sembalun, yang memiliki karakteristik agroklimat khas (kelembapan tinggi yang mendukung perkembangan entomopatogen, namun curah hujan tinggi yang berisiko mencuci residu bioinsektisida nabati) (Mani *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas lima jenis bioinsektisida dalam menekan populasi dan intensitas serangan *Aulacophora* sp. pada budidaya melon berkelanjutan. Dengan menghadirkan perbandingan langsung terhadap lima bioinsektisida sekaligus dalam satu rancangan percobaan, penelitian ini memberikan dasar empiris yang lebih komprehensif bagi petani dalam memilih agen pengendali hayati yang paling tepat untuk pengendalian hama terpadu di agroekosistem dataran tinggi.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September – Desember 2025 di Dapur Belek, Desa Sembalun, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, pada ketinggian sekitar 1.200 m dpl dengan koordinat 8,36° LS dan 116,50° BT. Wilayah ini dicirikan oleh suhu udara yang sejuk dan kelembapan tinggi, dengan curah hujan tahunan sekitar 2.700 mm. Selama periode penelitian, curah hujan bulanan meningkat dari 2,58 mm pada September menjadi 9,73 mm pada Desember, sementara kelembapan udara rata-rata meningkat dari 73% menjadi 92%, yang berpotensi memengaruhi efektivitas bioinsektisida nabati maupun hayati.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Dapur Belek, Desa Sembalun, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

## Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan metode eksperimental lapangan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 6 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga diperoleh 24 petak percobaan. Keenam perlakuan yang diuji yaitu P0 (kontrol/tanpa perlakuan), P1 (ekstrak daun paitan *Tithonia diversifolia* 10%), P2 (*Beauveria bassiana* 0,57%), P3 (ekstrak kulit batang tembakau virginia *Nicotiana tabacum* 10%), P4 (*Bacillus thuringiensis* 0,40%), dan P5 (bubuk mimba *Azadirachta indica* 5%). Seluruh perlakuan diacak penuh dalam setiap blok untuk meminimalkan pengaruh keragaman lingkungan, dengan pengelompokan blok didasarkan pada variasi kondisi lingkungan akibat penanaman tanaman refugia berupa bunga matahari (*Helianthus annuus*), kenikir (*Cosmos caudatus*), dan marigold (*Tagetes erecta*) di pinggiran lahan. Setiap petak percobaan terdiri atas 24 tanaman melon, dengan 3 tanaman ditentukan secara zig-zag sebagai tanaman sampel untuk pengamatan dan analisis data, sehingga total sampel yang dianalisis adalah 12 tanaman per perlakuan (4 ulangan  $\times$  3 tanaman sampel).

## Alat dan Bahan Penelitian

Alat utama yang digunakan meliputi hand sprayer untuk aplikasi bioinsektisida, mikroskop untuk identifikasi serangga hasil tangkapan, serta perangkap *yellow sticky trap*, *yellow pan trap*, dan *pitfall trap* untuk pengamatan populasi serangga. Bahan utama terdiri atas benih rock melon varietas Marlin (PT. Bintang Asia) dan lima bahan bioinsektisida yang diuji, yaitu ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*) dan ekstrak kulit batang tembakau virginia (*Nicotiana tabacum*) yang diolah sendiri, serta tiga produk komersial berupa bubuk mimba (Daun Mimba, Javaplants), agen hayati *Bacillus thuringiensis* (BT-Plus WP, Prima Agro Tech), dan *Beauveria bassiana* (GMN Beauveria, CV. Trubus Prima), dengan ekstrak lidah buaya sebagai bahan perekat alami pada seluruh larutan bioinsektisida.

## Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi persiapan lahan, penanaman, pemupukan, pembuatan dan aplikasi larutan bioinsektisida, pemasangan perangkap, hingga pengamatan. Lahan seluas 2,3 are dibagi menjadi 12 bedengan berukuran 18  $\times$  1 m, yang masing-masing dibagi dua sehingga menghasilkan 24 petak percobaan dengan 24 tanaman melon per petak. Bibit yang telah diseleksi untuk memastikan kondisi sehat dan bebas hama ditanam dengan jarak tanam 30  $\times$  50 cm. Pemupukan menggunakan asam humat, dekomposer, pupuk organik cair, dan biostimulan yang dialirkan melalui selang drip, dengan mulsa plastik hitam perak dipasang pada seluruh permukaan bedengan untuk mengendalikan gulma dan menjaga kelembapan tanah. Selama masa pertumbuhan, dilakukan pemangkasan (pruning) serta penyisihan tanaman sakit atau mati untuk menjaga keseragaman kondisi tanaman antarperlakuan.

Larutan bioinsektisida dibuat sesuai konsentrasi masing-masing perlakuan mengikuti prosedur ekstraksi/pelarutan dari literatur acuan (Paolina *et al.*, 2025; Sarjan *et al.*, 2020; Puu & Nansi, 2019) untuk bahan nabati yang diekstraksi sendiri, serta dosis anjuran label produk untuk bahan komersial (bubuk mimba, *Bacillus thuringiensis*, dan *Beauveria bassiana*). Konsentrasi ekstrak daun paitan (10%) ditetapkan di atas taraf tertinggi yang diuji Paolina *et al.* (2025) sebesar 7%, untuk menguji potensi peningkatan efektivitas terhadap *Aulacophora* sp. pada konsentrasi yang lebih tinggi. Seluruh larutan ditambahkan 10 ml ekstrak lidah buaya sebagai bahan perekat alami sebelum aplikasi (Separnawa *et al.*, 2025).

Aplikasi bioinsektisida dilakukan serentak pada seluruh petak dalam hari yang sama, menggunakan hand sprayer yang disemprotkan merata pada permukaan daun atas dan bawah dengan jarak 30–40 cm dari tanaman, sebanyak 10 kali dengan interval 7 hari, dimulai dari 3 MST hingga 12 MST, pada sore hari pukul 16.00–18.00 WITA. Perangkap *yellow sticky trap*, *yellow pan trap*, dan *pitfall trap* dipasang satu unit per petak untuk menangkap sampel serangga yang selanjutnya diidentifikasi di laboratorium menggunakan mikroskop.

## Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data dilakukan melalui pengamatan langsung dan tidak langsung yang dilaksanakan secara terintegrasi pada setiap siklus pengamatan. Perangkap *yellow sticky trap*, *yellow pan trap*, dan *pitfall trap* (masing-masing satu unit per petak) dipasang pada pagi hari, beberapa jam sebelum aplikasi bioinsektisida pada sore harinya, dan dicabut kembali 24 jam kemudian pada pagi hari berikutnya. Bersamaan dengan pencabutan perangkap, dilakukan pengamatan langsung pada 3 tanaman sampel per petak yang ditentukan secara zig-zag,

mewakili  $\pm 12,5\%$  dari populasi 24 tanaman per petak. Kedua sumber data ini digabungkan untuk memperoleh angka populasi yang lebih representatif, mengingat imago *Aulacophora* sp. yang aktif terbang berpotensi tidak teramati secara visual pada tanaman sampel namun tertangkap oleh perangkap. Populasi hama dihitung sebagai jumlah total individu dari pengamatan langsung dan hasil tangkapan perangkap, dibagi jumlah tanaman sampel, mengikuti rumus pada bagian Parameter Pengamatan. Pengamatan dilakukan sebanyak 10 kali dengan interval satu minggu, dimulai dari 3 MST hingga 12 MST. Seluruh serangga hasil tangkapan perangkap selanjutnya diidentifikasi di laboratorium menggunakan mikroskop.

### Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah populasi hama dan intensitas serangan hama *Aulacophora* sp.

### Populasi Hama

Populasi hama dihitung menggunakan rumus (Daud, 2012):

$$P = \frac{a}{b}$$

Keterangan:

$P$  = Populasi hama (individu/tanaman)

$a$  = Jumlah individu hama yang ditemukan (gabungan hasil pengamatan langsung pada tanaman sampel dan hasil tangkapan perangkap per petak)

$b$  = Jumlah tanaman sampel yang diamati (3 tanaman per petak)

Nilai  $P$  dihitung pada tingkat petak percobaan dan dinyatakan dalam satuan individu/tanaman, kemudian dianalisis lebih lanjut sebagai unit pengamatan dalam rancangan RAK.

### Intensitas Serangan

Intensitas serangan hama dihitung menggunakan rumus (Hanafiah, 2010):

$$P = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

$P$  = Intensitas serangan (%)

$n_i$  = Jumlah tanaman atau bagian tanaman pada kategori serangan ke- $i$

$v_i$  = Nilai skor kategori kerusakan ke- $i$

$Z$  = Nilai skor kerusakan tertinggi (4)

$N$  = Jumlah tanaman atau bagian tanaman yang diamati

Kerusakan pada tanaman diskor menggunakan skala 0-4 sesuai kategori tingkat kerusakan sebagai berikut:

Skor 0: Tidak ada kerusakan

Skor 1: Kerusakan > 0 - 25% = Ringan

Skor 2: Kerusakan > 25 - 50% = Sedang

Skor 3: Kerusakan > 50 - 75% = Berat

Skor 4: Kerusakan > 75 - 100% = Parah

Selama periode pengamatan, kerusakan yang teramati di lapangan secara konsisten berada pada kategori ringan (skor 0–1), sejalan dengan karakteristik makan imago *Aulacophora* sp. yang bersifat mobile dan hanya mencicipi jaringan daun dalam durasi singkat sebelum berpindah. Bentuk gejala kerusakan aktual yang ditemukan disajikan pada Gambar 3.

### Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan gabungan hasil pengamatan langsung dan hasil tangkapan perangkap sebagaimana dijelaskan pada Teknik Pengumpulan Data yang kemudian dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) pada taraf 5%, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5% apabila terdapat pengaruh nyata antarperlakuan. Hubungan antara populasi hama dan intensitas serangan dianalisis menggunakan regresi linear sederhana dengan model  $Y = a + bX$ . Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 31.0.2.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Populasi Hama Oteng-Oteng (*Aulacophora* sp.)

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), aplikasi bioinsektisida memberikan pengaruh sangat nyata terhadap rata-rata populasi imago *Aulacophora* sp. pada tanaman melon ( $F_{hitung} 26,27 > F_{tabel} 5\% 2,43$ ). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan mekanisme kerja antarperlakuan menghasilkan tekanan yang berbeda secara nyata terhadap frekuensi kehadiran imago di lapangan. Hasil uji lanjut BNJ 5% disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-Rata Populasi Imago *Aulacophora* sp. Selama Pengamatan

| Perlakuan                            | Rata-Rata Populasi |
|--------------------------------------|--------------------|
| P0 (kontrol)                         | 0,59 <sup>a</sup>  |
| P1 (paitan)                          | 0,23 <sup>c</sup>  |
| P2 ( <i>Beauveria bassiana</i> )     | 0,06 <sup>d</sup>  |
| P3 (tembakau)                        | 0,18 <sup>cd</sup> |
| P4 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ) | 0,38 <sup>b</sup>  |
| P5 (mimba)                           | 0,10 <sup>d</sup>  |
| BNJ 5%                               | 0,16               |

Nilai populasi yang tercatat berkisar antara 0,06 hingga 0,59 imago/tanaman. Nilai tersebut bukan berarti hama hampir tidak ada, melainkan mencerminkan metode pengamatan yang digunakan, yakni penghitungan imago secara langsung pada tanaman sampel di waktu tertentu, bukan berdasarkan pengamatan berlangsung terus-menerus. Mengingat *Aulacophora* sp. merupakan serangga yang sangat aktif terbang dan berpindah antarpetak, nilai yang terdata lebih merepresentasikan frekuensi kehadiran imago yang merespons kondisi perlakuan daripada populasi menetap (Regmi & Paudel, 2020). Kondisi iklim mikro di lokasi penelitian turut memengaruhi dinamika ini, di mana kelembapan udara rata-rata di Desa Sembalun meningkat signifikan dari 73% pada September menjadi 92% pada Desember, serta curah hujan yang meningkat dari 77,32 mm menjadi 301,61 mm dalam periode yang sama (BMKG, 2025). Suhu sejuk di dataran tinggi 1.200 mdpl juga berpengaruh terhadap pola aktivitas terbang imago, mengingat *Aulacophora* sp. memiliki ambang suhu minimum untuk aktivitas optimal sebesar 20°C dan aktivitas maksimal pada suhu 28,8°C (Rashid *et al.*, 2014).

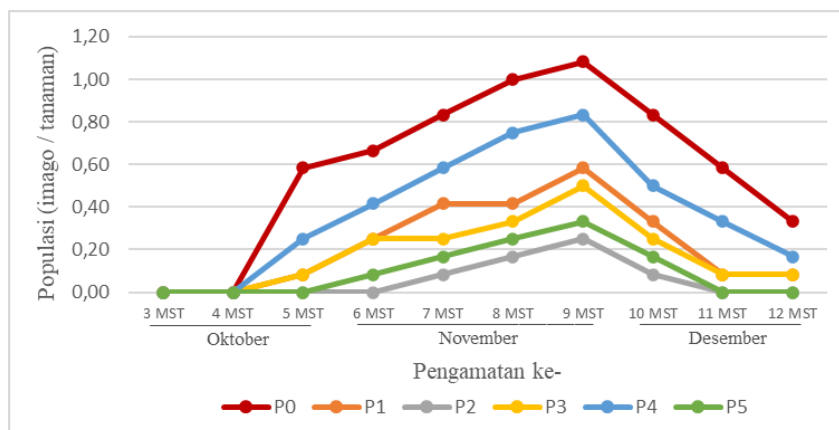
Perlakuan P1 (ekstrak daun paitan, *Tithonia diversifolia*) menunjukkan penekanan populasi yang lebih baik dibandingkan kontrol, dengan rata-rata 0,23 imago/tanaman (notasi c). Bioinsektisida ini diduga bekerja melalui mekanisme racun kontak dan *repellent*, di mana senyawa sesquiterpen lakton menembus kutikula serangga, mengganggu metabolisme, dan menghambat fungsi sistem saraf sehingga imago cenderung menghindari kanopi yang terlapisi residu paitan (Paolina *et al.*, 2025). Paolina *et al.* (2025) sebelumnya melaporkan penekanan populasi hingga 67% pada konsentrasi 7% terhadap *Epilachna* sp. di Sembalun, sehingga penggunaan konsentrasi 10% pada penelitian ini berpotensi memberikan efek yang lebih baik. Namun karena senyawa aktif paitan tergolong volatil dan rentan terdegradasi melalui penguapan serta fotolisis di lapangan terbuka, persistensi perlindungannya antara siklus aplikasi mingguan cenderung lebih pendek dibandingkan perlakuan lain (Bumhi *et al.*, 2025).

Perlakuan P2 (*Beauveria bassiana*) dan P5 (bubuk mimba) mencatatkan rata-rata populasi terendah secara bersama, masing-masing 0,06 dan 0,10 imago/tanaman (notasi d). Pada P2, efektivitas penekanan populasi diduga berkaitan erat dengan mekanisme infeksi kontak, di mana konidia yang menempel pada kutikula imago berkecambah dan menembus integumen melalui enzim kitinolitik serta proteolitik, kemudian berkembang dalam hemolimfa hingga menyebabkan kematian imago secara bertahap (Pedrini *et al.*, 2024). Proses ini sangat didukung oleh kondisi kelembapan tinggi di Sembalun yang mengoptimalkan perkecambahan konidia dan memperpanjang viabilitasnya di permukaan daun (Mani *et al.*, 2023).

Hasil ini konsisten dengan temuan Sharma *et al.* (2024) yang mengonfirmasi bahwa *Beauveria bassiana* mampu menginduksi mortalitas tinggi pada serangga Ordo Coleoptera pada kondisi kelembapan yang mendukung sporulasi optimal. Pada P5, azadirachtin dalam mimba diduga bekerja melalui mekanisme ganda sebagai *antifeedant* dan *repellent* yang menyebabkan imago segera meninggalkan petak tanpa sempat mengonsumsi tanaman (Kilani-Morakchi *et al.*, 2021). Puu & Nansi (2019) mengonfirmasi bahwa azadirachtin efektif terhadap hama Ordo Coleoptera melalui hambatan hormon ecdyson dan efek penolak, yang mendukung relevansi penggunaannya terhadap *Aulacophora* sp.

Sebaliknya, perlakuan P4 (*Bacillus thuringiensis*, 0,38 imago/tanaman, notasi b) menunjukkan penekanan populasi yang rendah mendekati kontrol. Tingginya populasi pada perlakuan ini menunjukkan ketidaksesuaian antara mekanisme kerja toksin perut dengan perilaku biologis imago yang sangat aktif bergerak. Protein Cry baru aktif setelah tertelan dan larut dalam lingkungan basa saluran pencernaan, sementara sifat imago *Aulacophora* sp. yang sering berpindah membuat mereka tidak mengonsumsi residu tanaman dalam dosis yang mematikan pada setiap kunjungannya (Domínguez-Arrizabalaga *et al.*, 2020). Sharma *et al.* (2024) mengonfirmasi bahwa mortalitas akibat *Bacillus thuringiensis* menurun seiring meningkatnya mobilitas serangga target, sehingga mobilitas imago di lapangan menjadi pembatas utama efektivitasnya.

Dinamika perkembangan populasi imago *Aulacophora* sp. dari seluruh perlakuan selama pengamatan tersaji pada Gambar 2.

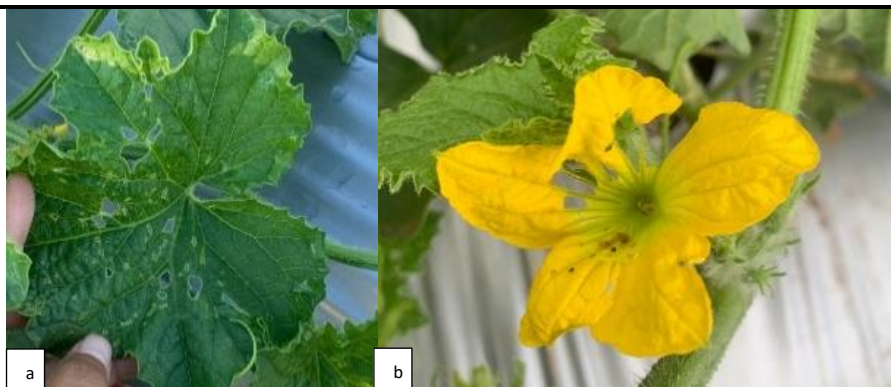


Gambar 2. Grafik Perkembangan Rerata Populasi Hama *Aulacophora* sp. pada Tanaman Melon Tiap Waktu Pengamatan. (P0=kontrol; P1= paitan; P2= *Beauveria bassiana*; P3= tembakau; P4= *Bacillus thuringiensis*; P5= mimba)

Dinamika populasi pada Gambar 2 terbagi dalam tiga fase ekologis. Pada fase awal (3-4 MST), tidak ditemukan imago pada seluruh perlakuan karena kanopi melon masih terbatas sebagai sumber pakan sehingga belum mampu memancarkan sinyal kimia volatil yang cukup kuat menarik imago (Regmi & Paudel, 2020). Pada fase tengah (5-9 MST), populasi meningkat tajam dan mencapai puncak pada 9 MST dengan urutan P0 = 1,08; P4 = 0,83; P1 = 0,58; P3 = 0,50; P5 = 0,33; dan P2 = 0,25 imago/tanaman, bertepatan dengan fase vegetatif maksimal ketika daun muda paling melimpah (Rashid *et al.*, 2014). Selisih yang sangat tipis antara P4 dan P0 di titik puncak ini menegaskan bahwa *Bacillus thuringiensis* tidak memberikan hambatan berarti terhadap imago yang aktif berpindah dalam kondisi penelitian ini. Pada fase akhir (10-12 MST), populasi menurun drastis di semua perlakuan akibat kombinasi daun tua yang kurang menarik, tingginya curah hujan Desember yang memicu penyakit layu fusarium, serta tindakan pemangkasan (*pruning*) untuk menghentikan penyebaran penyakit. Pada 11-12 MST, P2 dan P5 mencatat 0 imago/tanaman sebagai angka efektivitas tertinggi.

### Intensitas Serangan Hama *Aulacophora* sp.

Pengamatan di lapangan menemukan gejala kerusakan daun melon yang menunjukkan karakteristik *chewing injury* khas kumbang Chrysomelidae. Kerusakan berbentuk perforasi lengkap yang menembus kedua lapisan epidermis dengan lubang membulat hingga oval tidak beraturan di tengah bidang daun, tanpa pola makan dari tepi. Bagian tepi luka tampak mengering berwarna cokelat muda hingga kekuningan, menandakan respons nekrotik jaringan akibat rusaknya sel epidermis dan mesofil (Regmi & Paudel, 2020). Pola ini secara diagnostik berbeda dengan gejala *Epilachna* sp. yang menyisakan lapisan bawah transparan tanpa lubang tembus (Paolina *et al.*, 2025), serangan *Spodoptera* sp. yang memakan daun dari tepi ke dalam secara masif, maupun belalang yang menghasilkan sobekan besar karena ukuran mandibula yang besar. Gejala serangan *Aulacophora* sp. pada daun dan bunga tanaman melon disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gejala Serangan Hama *Aulacophora* sp. Tanaman Melon  
Keterangan: a. Daun, b. Bunga. (Sumber: Dokumen Pribadi, 2025)

Selain menyerang organ vegetatif, imago *Aulacophora* sp. juga ditemukan memakan mahkota bunga melon (Gambar 3b), yang berpotensi menghambat proses penyerbukan dan menurunkan potensi pembentukan buah secara optimal. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), aplikasi berbagai jenis bioinsektisida memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap intensitas serangan ( $F_{hitung} 22,85 > F_{tabel} 5\% 2,43$ ). Hasil uji lanjut BNJ 5% disajikan pada Tabel 2.

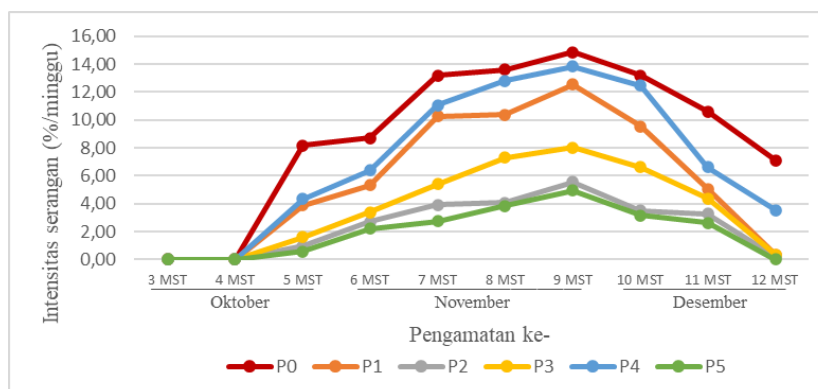
Tabel 2. Rata-Rata Intensitas Serangan Hama *Aulacophora* sp. Selama Pengamatan

| Perlakuan                            | Rata-Rata Intensitas |
|--------------------------------------|----------------------|
| P0 (kontrol)                         | 8,95 <sup>a</sup>    |
| P1 (paitan)                          | 5,74 <sup>bc</sup>   |
| P2 ( <i>Beauveria bassiana</i> )     | 2,42 <sup>d</sup>    |
| P3 (tembakau)                        | 3,70 <sup>cd</sup>   |
| P4 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ) | 7,12 <sup>ab</sup>   |
| P5 (mimba)                           | 2,01 <sup>d</sup>    |
| BNJ 5%                               | 2,42                 |

Nilai P0 sebesar rata-rata 8,95% dengan puncak 14,89% pada 9 MST memiliki implikasi yang serius. Kehilangan lebih dari 14% jaringan daun fotosintetik aktif tepat pada fase transisi vegetatif-generatif berdampak langsung pada penurunan translokasi fotosintat ke organ reproduktif yang berimplikasi pada penurunan bobot dan kualitas buah (Regmi & Paudel, 2020). Rashid *et al.* (2014) melaporkan bahwa serangan yang tidak dikendalikan berpotensi menurunkan hasil panen cucurbit hingga 30-100%. Perlu dicatat bahwa penelitian ini tidak mencapai fase panen akibat kondisi cuaca yang tidak mendukung, sehingga dampak akhir serangan terhadap produktivitas buah tidak dapat diukur secara langsung dan menjadi salah satu keterbatasan penting penelitian ini. Tanpa data hasil panen, kesimpulan mengenai bioinsektisida paling efektif dalam penelitian ini terbatas pada penekanan populasi dan intensitas serangan, dan belum dapat menegaskan dampaknya terhadap bobot buah, kualitas panen, maupun kelayakan ekonomi jangka panjang. Penelitian lanjutan yang menjangkau hingga fase panen diperlukan untuk mengonfirmasi apakah keunggulan mimba dan *Beauveria bassiana* dalam menekan hama juga tercermin pada hasil akhir budidaya.

Efektivitas masing-masing perlakuan dalam melindungi jaringan daun secara umum konsisten dengan mekanisme kerja masing-masing bahan. Pada P1 (paitan), intensitas 5,74% menunjukkan bahwa efek *repellent* senyawa volatil paitan berhasil mengurangi durasi kunjungan imago, tetapi persistensinya yang terbatas di lapangan menyebabkan kerusakan tetap terakumulasi antara siklus aplikasi. Pada P2 (*Beauveria bassiana*), intensitas 2,42% menunjukkan bahwa meskipun tidak ada efek penolakan, imago yang terinfeksi mengalami penurunan aktivitas makan secara progresif sebelum mati, didukung kelembapan RH 86-92% Sembalun yang mengoptimalkan viabilitas konidia (Pedrini *et al.*, 2024). Pada P3 (tembakau), intensitas 3,70% konsisten dengan efek ganda nikotin sebagai racun saraf kontak dan agen volatil yang mempersingkat durasi kunjungan imago (Aziz *et al.*, 2025). Pada P4 (*Bacillus thuringiensis*), intensitas 7,12% yang mendekati kontrol menunjukkan bahwa efektivitas toksin perut relatif lebih rendah dalam melindungi jaringan daun dari imago yang mobile pada kondisi penelitian ini (Sharma *et al.*, 2024). Pada P5 (mimba), intensitas terendah 2,01% bersumber dari efek *antifeedant* instan azadirachtin yang menghentikan aktivitas makan sebelum kerusakan daun sempat terbentuk (Puu & Nansi, 2019).

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan respons antara dua perlakuan dengan efektivitas tertinggi. Meskipun P2 mencatat populasi terendah, P5 justru menghasilkan intensitas serangan yang lebih rendah. Perbedaan ini mencerminkan kecepatan respons perlindungan daun yang berbeda secara fundamental. Azadirachtin bekerja secara instan menginterferensi reseptor pengecap imago sehingga aktivitas makan berhenti sebelum perforasi terbentuk, sementara *Beauveria bassiana* memerlukan jeda infeksi 2-5 hari sebelum imago benar-benar berhenti makan (Pedrini *et al.*, 2024). Perbedaan mekanisme kerja keduanya membuka peluang untuk saling melengkapi melalui sistem rotasi atau kombinasi aplikasi, sebagaimana direkomendasikan Sharma *et al.* (2024) bahwa keterpaduan *Beauveria bassiana* dengan bioinsektisida lain mampu menghasilkan efek sinergis yang efektif menekan populasi serangga Coleoptera. Fluktuasi intensitas serangan dari seluruh perlakuan selama periode pengamatan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perkembangan Rerata Intensitas Serangan Hama *Aulacophora* sp. pada Tanaman Melon Tiap Waktu Pengamatan. (P0=kontrol; P1= paitan; P2= *Beauveria bassiana*; P3= tembakau; P4= *Bacillus thuringiensis*; P5= mimba)

Pola pada Gambar 4 mengikuti tiga fase yang sama seperti dinamika populasi pada Gambar 1: tidak ada serangan pada 3–4 MST, meningkat tajam hingga puncak pada 9 MST dengan urutan P0 (14,89%) > P4 (13,86%) > P1 (12,54%) > P3 (8,03%) > P2 (5,56%) > P5 (4,95%), lalu menurun pada 10–12 MST akibat kombinasi penuaan daun, serangan fusarium, dan tindakan pruning, dengan P5 mencapai 0% pada 12 MST.

Perbandingan Efektivitas Bioinsektisida dan Hubungan Populasi terhadap Intensitas Serangan. Perbandingan kedua parameter utama dari seluruh perlakuan disajikan pada Tabel 3 untuk menentukan bioinsektisida yang paling optimal secara menyeluruh.

Tabel 3. Rata-Rata Populasi dan Intensitas Serangan Hama *Aulacophora* sp. Selama Pengamatan

| Perlakuan                            | Populasi (Imago)   | Intensitas (%)     |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| P0 (kontrol)                         | 0,59 <sup>a</sup>  | 8,95 <sup>a</sup>  |
| P1 (paitan)                          | 0,23 <sup>c</sup>  | 5,74 <sup>bc</sup> |
| P2 ( <i>Beauveria bassiana</i> )     | 0,06 <sup>d</sup>  | 2,42 <sup>d</sup>  |
| P3 (tembakau)                        | 0,18 <sup>cd</sup> | 3,70 <sup>cd</sup> |
| P4 ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ) | 0,38 <sup>b</sup>  | 7,12 <sup>ab</sup> |
| P5 (mimba)                           | 0,10 <sup>d</sup>  | 2,01 <sup>d</sup>  |
| BNJ 5%                               | 0,16               | 2,42               |

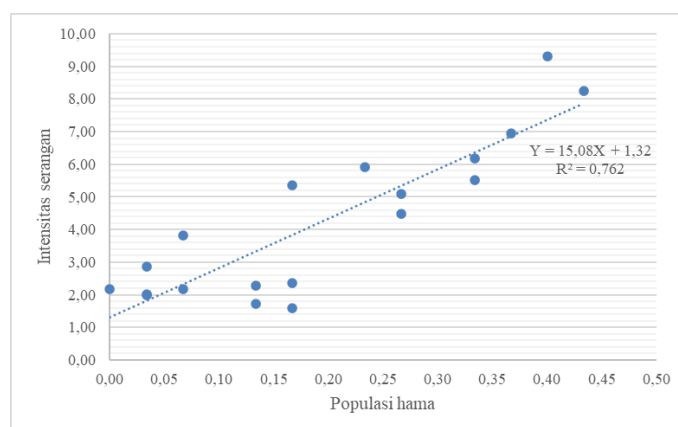
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%.

Perbandingan pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa penekanan populasi berasosiasi kuat dengan rendahnya intensitas serangan di seluruh perlakuan. P2 dan P5 secara konsisten menunjukkan efektivitas tertinggi pada kedua parameter (notasi d), dengan P2 mampu menekan populasi sebesar 89,8% dan intensitas sebesar 73,0%, serta P5 mampu menekan populasi sebesar 83,1% dan intensitas sebesar 77,5% dibandingkan kontrol. Dari perspektif praktis, mimba tersedia secara lokal dalam bentuk produk komersial yang relatif mudah diperoleh di kawasan Sembalun, sementara *Beauveria bassiana* sebagai produk komersial memerlukan pertimbangan biaya per aplikasi yang dapat ditekan melalui pelatihan perbanyakan massal secara mandiri oleh petani menggunakan media berbasis karbohidrat lokal seperti beras atau jagung giling.

Dari perspektif ekonomi, estimasi biaya bahan aktif per liter larutan siap semprot menunjukkan variasi signifikan antarperlakuan. *Beauveria bassiana* (P2) memerlukan biaya sekitar Rp 686 per liter larutan, jauh lebih rendah dibandingkan mimba (P5) yang mencapai sekitar Rp 4.000 per liter, meskipun keduanya menunjukkan

efektivitas yang sebanding (notasi d) pada kedua parameter pengamatan. Hal ini menempatkan *Beauveria bassiana* sebagai pilihan dengan rasio efektivitas-biaya yang lebih menguntungkan, terutama jika mempertimbangkan potensi perbanyakan massal mandiri oleh petani untuk menekan biaya lebih lanjut. Ekstrak daun paitan (P1) dan kulit batang tembakau (P3) yang bersumber dari bahan lokal tanpa biaya pembelian menjadi alternatif paling ekonomis, dengan P3 khususnya menunjukkan efektivitas yang mendekati kelompok terbaik (notasi cd) tanpa biaya bahan sama sekali, menjadikannya pilihan yang layak dipertimbangkan bagi petani dengan keterbatasan modal. Sebaliknya, *Bacillus thuringiensis* (P4) dengan biaya menengah ( $\approx$  Rp 1.920/liter) namun efektivitas rendah menunjukkan rasio biaya-efektivitas yang kurang menguntungkan dibandingkan perlakuan lain. Perlu dicatat bahwa biaya mimba pada penelitian ini didasarkan pada produk bubuk komersial siap pakai, yang dipilih karena pertimbangan kepraktisan mengingat tidak tersedianya pohon mimba (*Azadirachta indica*) di sekitar lokasi penelitian. Pada kawasan yang memiliki akses terhadap tanaman mimba secara langsung, biaya bahan berpotensi ditekan lebih jauh melalui pemanfaatan daun segar sebagai bahan ekstraksi mandiri, sebagaimana pendekatan yang telah diterapkan pada ekstrak paitan dan tembakau dalam penelitian ini.

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk mengukur sejauh mana kontribusi populasi imago terhadap tingkat kerusakan daun melon, dengan hasilnya disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara Populasi dengan Intensitas Serangan Hama *Aulacophora* sp.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 4, diperoleh persamaan regresi  $Y = 1,32 + 15,08X$  dengan koefisien korelasi  $R = 0,873$ , koefisien determinasi  $R^2 = 0,762$ ,  $F\text{-hitung} = 54,408$ , dan signifikansi  $F = 1 \times 10^{-6}$  ( $< \alpha = 0,05$ ), yang membuktikan secara statistik bahwa populasi imago berpengaruh nyata terhadap intensitas serangan. Nilai  $R = 0,873$  mengindikasikan hubungan yang termasuk kategori kuat berdasarkan klasifikasi Sugiyono (2013). Nilai  $R^2 = 0,762$  bermakna 76,2% variasi intensitas serangan berasosiasi dengan fluktuasi populasi imago, sedangkan 23,8% sisanya dipengaruhi faktor lain. Koefisien regresi 15,08 bermakna setiap penambahan 1 imago/tanaman diikuti dengan peningkatan intensitas serangan sebesar 15,08%, sementara *intercept* 1,32 merepresentasikan kerusakan residual pada hari-hari antara interval pengamatan mingguan. Paolina *et al.* (2025) menemukan pola serupa pada *Epilachna* sp. di Sembalun dengan  $R^2 = 0,964$  dan menyimpulkan bahwa hubungan populasi dan intensitas serangan hama kumbang daun dapat dijadikan dasar estimasi kerusakan tanaman, dengan catatan faktor lingkungan setempat harus dipertimbangkan.

Faktor abiotik menjadi penjelas utama bagi 23,8% variabilitas yang tidak tertangkap persamaan regresi tersebut. Curah hujan tinggi yang mencapai 301,61 mm pada Desember berpotensi mencuci residu bioinsektisida sebelum sempat bekerja optimal, sementara kelembapan tinggi yang menyertainya justru mendukung sporulasi dan viabilitas konidia *Beauveria bassiana* (Mani *et al.*, 2023), menciptakan efek kontradiktif yang memengaruhi efektivitas bioinsektisida secara berbeda-beda. Faktor biotik berupa keberadaan tanaman refugia di pinggiran lahan juga diduga turut mendukung kehadiran musuh alami sebagai agen pengendalian ekologis tambahan, meskipun kontribusi ini masih bersifat asumsi ekologis berdasarkan temuan Sarjan *et al.* (2023) yang menemukan kelimpahan predator tertinggi pada ekosistem dengan bunga matahari di Sembalun. Meskipun terdapat variabilitas, keeratan hubungan yang nyata antara populasi imago dan intensitas serangan tetap memberikan indikasi praktis yang jelas bahwa upaya menekan populasi imago secara proaktif sejak awal penanaman merupakan strategi pengelolaan hama yang paling logis di kawasan agroklimate Sembalun.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kelima bioinsektisida yang diuji terbukti efektif menekan populasi imago dan intensitas serangan hama oteng-oteng (*Aulacophora* sp.) dibandingkan kontrol pada kondisi agroklimat Sembalun, dengan mimba (P5) dan *Beauveria bassiana* (P2) menunjukkan efektivitas tertinggi secara konsisten pada kedua parameter. Hubungan yang kuat antara populasi imago dan intensitas serangan ( $R = 0,873$ ;  $R^2 = 0,762$ ) menunjukkan bahwa sebagian besar variasi intensitas serangan dapat dijelaskan berdasarkan model regresi populasi imago, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan biotik di lapangan.

Temuan ini memberikan dasar praktis bagi petani di kawasan dataran tinggi seperti Sembalun untuk memprioritaskan mimba dan *Beauveria bassiana* sebagai komponen utama pengendalian hama oteng-oteng dalam budidaya melon berkelanjutan, dengan mempertimbangkan pula efisiensi biaya aplikasi. Ekstrak daun paitan dan kulit batang tembakau, meski efektivitasnya relatif lebih rendah, tetap dapat menjadi alternatif ekonomis bagi petani dengan keterbatasan modal. Sebagai rekomendasi lanjutan, penyuluh pertanian setempat dapat mendorong pelatihan produksi mandiri *Beauveria bassiana* dan pemanfaatan bahan nabati lokal untuk memperluas adopsi pengendalian hama ramah lingkungan, guna mendukung budidaya melon organik yang berdaya saing di pasar premium.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Universitas Mataram atas pendanaan skema PNBP melalui Prof. Ir. M. Sarjan, M.Agr. CP., Ph.D., serta Fakultas Pertanian atas dukungan fasilitas Laboratorium Proteksi Tanaman. Apresiasi juga disampaikan kepada Sembalun Jaya Agro, petani melon Desa Sembalun Lombok Timur, yang telah memfasilitasi lokasi dan akses selama penelitian lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, L. M., Sarjan, M., and Haryanto, H. (2025). Pengaruh pestisida nabati limbah batang tembakau Virginia terhadap keragaman kumbang koksi (Coccinellidae) sebagai predator hama pada tanaman (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Microbiology Biotechnology and Conservation*. 1(2). DOI: <https://doi.org/10.29303/jmbc.v1i2.6113>
- BMKG. (2025). Data iklim bulanan Desa Sembalun, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur: Curah hujan dan kelembapan udara periode September–Desember 2025. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Stasiun Klimatologi Nusa Tenggara Barat.
- BPS. (2023). Statistik hortikultura 2022. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/assets/publication/2023/06/09/03847c5743d8b6cd3f08ab76/statistik-hortikultura-2022.html>
- Bumhi, A. C. C., Sarjan, M., and Nikmatullah, A. (2025). Pengaruh pestisida paitan (*Tithonia diversifolia*) terhadap keberadaan dan keragaman laba-laba sebagai predator pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*. 4(2):406-412. DOI: <https://doi.org/10.29303/jima.v4i2.7158>
- Daud, I. D. (2012). Kepadatan populasi dan intensitas serangan *Eromocoris* sp. (kepik hitam) pada pertanaman padi di Kecamatan Cempa Kabupaten Pinrang. Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar. <https://api.core.ac.uk/oai/oai:repository.unhas.ac.id:123456789/864>
- Dhaifulloh, A. D., Khayumi, B. I., Legawa, D. T., Ansya, M. K. A., and Radianto, D. O. (2024). Dampak penggunaan pestisida kimia terhadap kualitas tanah dan air sungai di daerah pertanian. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*. 2(2):197-208. DOI: <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.280>
- Domínguez-Arrizabalaga, M., Villanueva, M., Escriche, B., Ancín-Azpilicueta, C., and Caballero, P. (2020). Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* proteins against coleopteran pests. *Toxins*. 12(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12070430>
- Hanafiah, K. A. (2010). Rancangan percobaan: Teori dan aplikasi. RajaGrafindo Persada, Jakarta. <https://www.rajagrafindo.co.id/produk/rancangan-percobaan-teori-dan-aplikasi/>
- Irawan, R., Sarjan, M., and Muthahanas, I. (2024). Penggunaan beberapa konsentrasi ekstrak daun paitan (*Tithonia diversifolia*) untuk mengendalikan hama kutu kebul (*Bemisia tabaci* Genn.) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*. 3(2):74-85. DOI: <https://doi.org/10.29303/jima.v3i2.5163>
- Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., and Sifi, K. (2021). Azadirachtin-based insecticide: Overview, risk

- assessments, and future directions. *Frontiers in Agronomy*. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.676208>
- Mani, K., Vitenberg, T., Khatib, S., and Opatovsky, I. (2023). Effect of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the growth characteristics and metabolism of black soldier fly larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 197. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105684>
- Paolina, S., Sarjan, M., and Haryanto, H. (2025). Pengaruh konsentrasi pestisida nabati daun paitan (*Tithonia diversifolia*) terhadap populasi dan intensitas serangan hama kumbang (*Epilachna* sp.) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Sembalun. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*. 4(2):420-430. DOI: <https://doi.org/10.29303/jima.v4i2.7159>
- Pedrini, N., Fernandes, É. K. K., and Dubovskiy, I. M. (2024). Multifaceted *Beauveria bassiana* and other insect-related fungi. *Journal of Fungi*. 10(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/jof10020142>
- Puu, Y. M. S. W. and Nansi, H. N. (2019). Pengaruh ekstrak daun mimba terhadap perkembangan hama *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Sustainable Dryland Agriculture*. 12(2):126-130.
- Rashid, M. A., Khan, M. A., Arif, M. J., and Javed, N. (2014). Red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis* Lucas; A review of host susceptibility and management practices. *Academic Journal of Entomology*. 7(1):38-54. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.aje.2014.7.1.1112>
- Regmi, S. and Paudel, M. (2020). A review on host preference, damage severity and integrated pest management of red pumpkin beetle. *Environmental Contaminants Reviews*. 3(1):16-20. DOI: <https://doi.org/10.26480/ecr.01.2020.16.20>
- Sarjan, M., Fauzi, M. T., Thei, R. S. P., and Wirdianingsih, M. (2020). Pengenalan pestisida nabati dari limbah batang tembakau Virginia untuk mengendalikan hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) pada tanaman kentang. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 3(2). DOI: <https://doi.org/10.29303/jpmppi.v3i2.508>
- Sarjan, M., Haryanto, H., Supeno, B., and Jihadi, A. (2023). Using the refugia plant as an alternative habitat for predatory insects on potato plants. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(2):203-207. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4426>
- Separnawa, M. N., Pramudi, M. I., and Samharinto. (2025). Potensi dua macam pestisida nabati dengan perekat lidah buaya untuk menekan kerusakan hama daun tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Proteksi Tanaman Tropika*. 8(2): 1117–1122.
- Sharma, A., Thakur, N., Hashem, A., Dawoud, T. M., and Abd-Allah, E. F. (2024). Insecticidal potential of *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* individually and their synergistic effect with Barazide against *Spodoptera litura*. *Heliyon*. 10(17). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37175>
- Su, X., Liang, Z., Xue, Q., Liu, J., Hao, X., and Wang, C. (2023). A comprehensive review of azadirachtin: Physicochemical properties, bioactivities, production, and biosynthesis. *Acupuncture and Herbal Medicine*. 3(4):256-270. DOI: <https://doi.org/10.1097/HM9.0000000000000086>
- Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta, Bandung.