



Pengendalian Serangan Hama *Helopeltis bradyi* pada Tanaman Eukaliptus dengan Berbagai Jenis Bahan Aktif Insektisida di Laboratorium

Suhandi, Setiaji Heri Saputro^{*)}, Surodjo Taat Andayani

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

^{*)}Email korespondensi: setiaji_hs@instiperjogja.ac.id

ABSTRACT

The damage to eucalyptus plants caused by one species of Helopeltis, namely Helopeltis bradyi, is one of the main factors hindering the growth process and causing the death of eucalyptus plants in the Industrial Forest area at PT. Toba Pulp Lestari. Chemical control using insecticides with specific active ingredients is one way to prevent and reduce damage to eucalyptus plants caused by these pests. This study was conducted to determine the effect of various types of insecticide active ingredients on the control of Helopeltis bradyi pests. This study used a Randomized Completely Block Design (RCBD) with in-vivo laboratory testing using one treatment factor that is different types of insecticides with active ingredients consisting of five levels: control, insecticides with the active ingredients alfa-cypermethrin, buprofezin, dimehipo, and nitenpyram. The parameters observed were mortality rate (pest death) and severity of plant shoot attack with an observation period of 3 days. The data obtained were analyzed using analysis of variance and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) to test for significant differences between each treatment. Based on the results of the study, it was found that the use of different types of insecticide active ingredients had an effect on the mortality rate (pest death) and severity on plant shoots by the Helopeltis bradyi pest. The insecticide active ingredients Nitenpyram and Alpha-cypermethrin showed the highest mortality rates and were able to significantly reduce the severity of damage to plant shoots by the Helopeltis bradyi pest.

Keywords: Eucalyptus; Helopeltis bradyi; Insecticides; Mortality; Severity

PENDAHULUAN

Upaya pengembangan kawasan Hutan Tanaman Industri (HTI) di Kawasan PT. Toba Pulp Lestari (TPL) dengan spesies Eukaliptus sering terjadi sejumlah kendala dalam pengelolaannya, terutama berkaitan dengan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Fenomena gangguan hama ini menjadi salah satu faktor produktivitas kawasan HTI tidak optimal. Sebagai organisme makroskopis, hama memiliki kemampuan untuk menginduksi kerusakan struktural dan fisiologis pada tanaman serta dapat berpotensi

memfasilitasi perkembangan penyakit pada tanaman (Shinya dkk., 2016). Salah satu jenis spesies OPT yaitu *Helopeltis* menunjukkan preferensi terhadap tanaman Eukaliptus. *Helopeltis bradyi* menjadi salah satu spesies yang sering ditemukan pada Kawasan HTI di PT. Toba Pulp Lestari yang memiliki dampak substansial pada pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tanaman. Menurut Putri (2022) menyatakan terdapat beberapa faktor determinan yang berkontribusi terhadap proliferasi *Helopeltis bradyi* meliputi kondisi lingkungan yang memadai dan ketersediaan nutrisi yang cukup. Ketersediaan Eukaliptus yang melimpah pada Kawasan HTI di PT. TPL menjadi sumber nutrisi utama sehingga menciptakan *niche* ekologi yang optimal bagi perkembangbiakan dan ekspansi populasi hama tersebut, sehingga meningkatkan intensitas dan eksistensi serangan pada kawasan HTI tersebut. *Helopeltis bradyi* dikenal dengan kemampuannya yang sering merusak jaringan muda yang menyebabkan pucuk mengering, daun layu hingga mati, serta menghambat pertumbuhan tanaman. *Helopeltis bradyi* menyerang bagian muda tanaman dengan cara menusuk jaringan tanaman dan mengisap cairan, sehingga menimbulkan nekrosis, pengerutan hingga retakan, layu hingga mengering pada permukaan jaringan tanaman. Kerusakan yang dihasilkan dapat mempengaruhi proses fotosintesis hingga perubahan tajuk pohon (Rosianty dkk., 2024). Oleh karena itu, maka perlu dilakukan pengendalian yang efektif untuk mengurangi dampak negatif hama terhadap tanaman eukaliptus.

Metode pengendalian secara kimiawi menggunakan insektisida telah menjadi salah satu metode alternatif yang efektif dalam menekan populasi hama *Helopeltis bradyi*. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rahayu (2017) mengemukakan bahwa bahan aktif Alfa-sipermetrin pada konsentrasi menunjukkan efikasi diatas 50% pada tanaman kakao, sedangkan pada studi yang dilakukan oleh Zote dkk., (2017) menyatakan bahwa penggunaan insektisida berbahan aktif Buprofezin 25 SC pada dosis 3 ml/l paling efektif untuk pengendalian hama *Helopeltis antonii* dengan rata-rata dari 3 kali penyemprotan memperoleh nilai insidensi paling rendah yaitu 3,04%. Sementara itu, penggunaan Paclobutrazol pada konsentrasi 150 mg/L hingga 300 mg/L dengan salah satu bahan aktif neonicotinoid yaitu Nitenpiram secara signifikan meningkatkan tingkat toksisitas bahan aktif Nitenpiram itu sendiri terhadap salah satu spesies hama pada famili Hemiptera yaitu wereng batang (*Nilaparvata lugens*) secara signifikan. Hasil menunjukkan nilai efikasi tertinggi yaitu sebesar 78,0% sampai 87,0% pada hari ke-12 (Zhu dkk., 2023). Berdasarkan hasil penelitian oleh Wahyudin dkk. (2024) menyatakan bahwa penggunaan dimehypo memiliki efikasi yang tinggi terhadap parasitoid *Trichoragama chilonis*. Hasil setelah aplikasi menunjukkan mortalitas imago tergolong tinggi hingga mencapai 100% pada perlakuan 0 jam setelah 6 jam aplikasi.

Hasil penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas beberapa bahan aktif insektisida terhadap salah satu spesies dalam genus *Helopeltis* ataupun dari ordo Hemiptera lainnya, walaupun kajian tersebut dilakukan pada spesies berbeda. Alfa-sipermentrin dan

buprofezin dinyatakan efektif terhadap *Helopeltis antonii* pada tanaman kakao, sedangkan peningkatan toksisitas bahan efektif Nitenpiram lebih umum dikaji pada wereng batang (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi. Di penelitian lain penggunaan dimehipo lebih menekankan dampak toksisitas terhadap non-target hama seperti parasitoid tidak secara langsung terhadap hama *Helopeltis bradyi* sebagai objek kajian. Sehingga terdapat keterbatasan data empiris yang membandingkan efektivitas jenis bahan aktif insektisida tersebut terhadap *Helopeltis bradyi* pada tanaman Eukaliptus. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan dalam mengetahui efektivitas bahan aktif insektisida Alfa-sipermetrin, Buprofezin Dimehipo dan Nitenpiram dalam pengendalian salah satu spesies yang termasuk golongan genus *Helopeltis* yaitu *Helopeltis bradyi* pada tanaman Eukaliptus.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan Departemen *research and Development* (RnD) pusat pada ruangan laboratorium milik PT. Toba Pulp Lestari. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 5 aras yaitu kontrol, insektisida berbahan aktif Alfa-sipermetrin (Fastac 15 EC), Buprofezin (Lugen 100 EC), Dimehipo (Dimetop 525 SL) dan Nitenpiram (100 EC). Pengujian dilakukan pada kotak uji yang telah dibuat dengan ukuran tinggi 70 cm dan lebar 50 cm. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 3 kali. Jadi, terdapat 15 kotak uji dan tanaman eukaliptus unit percobaan yang akan menjadi bahan penelitian. Untuk 1 kotak uji dan 1 tanaman eukaliptus akan berisi sampel 5 hama imago *Helopeltis bradyi*, maka total sampel hama yang dibutuhkan adalah $5 \times 3 \times 5 = 75$ sampel uji hama. Parameter dalam penelitian ini adalah tingkat mortalitas hama (%) dan Severitas pucuk (%) setelah pengaplikasian berbagai jenis bahan aktif insektisida. Pengamatan dilakukan selama 3 hari pada ruangan laboratorium dan diamati kematian hama setiap 1 jam. Pada perhitungan mortalitas dilakukan dengan cara menghitung jumlah *Helopeltis bradyi* yang mati. *Helopeltis bradyi* dianggap mati jika tidak ada respons terhadap rangsangan dan perubahan warna tubuh (Buchory dkk., 2024).

Menurut (Safitri dkk., 2024) untuk menghitung mortalitas dengan menggunakan rumus berikut :

$$M = (a/b) \times 100 \%$$

Keterangan:

M :Persentase kematian (%)

a :Jumlah serangga uji yang mati

b :Jumlah total serangga uji

Pada pengamatan severitas terhadap serangan pucuk dengan cara menghitung jumlah total serangan pada setiap jam pengamatan dari total jumlah pucuk tanaman. Menghitung persentase serangan dapat menggunakan rumus:

$$P=(a/b) \times 100 \%$$

Keterangan:

P :Persentase serangan (%),

a :Jumlah pucuk terserang

b :Jumlah pucuk total yang diamati

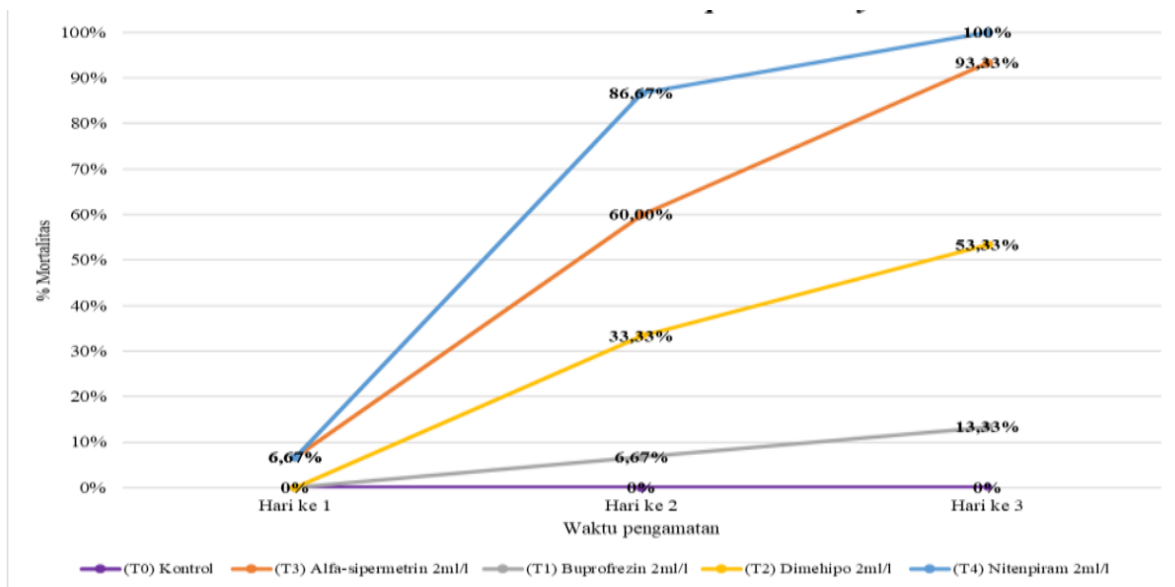
Data hasil uji dilakukan Analisa Variasi (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data hasil pengamatan pada setiap perlakuan. Jika perlakuan berbeda nyata atau signifikan atau salah satu bahan aktif memberikan respon terhadap tingkat mortalitas *Helopeltis bradyi*, maka dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada tingkat signifikan 5 %, untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi setiap perlakuan yang memiliki perbedaan signifikan dan dilakukan uji korelasi untuk melihat interaksi hubungan nilai mortalitas dengan severitas.

Tidak ada dijelaskan bagaimana cara mengaplikasikan insektisida ke tanaman eukaliptus atau kotak uji (apakah disemprot/spray, dicelup/dipping, atau metode sistemik lewat akar).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kematian (Mortalitas) *Helopeltis bradyi*

Berdasarkan rata-rata persentase mortalitas (tingkat kematian) hama *Helopeltis bradyi* dengan menggunakan tanaman eukaliptus yang telah diaplikasikan dengan berbagai jenis insektisida pada hari ke-1 sampai hari ke-3 disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Mortalitas *Helopeltis bradyi* dengan Berbagai Jenis Bahan Aktif Insektisida

Sumber:Data Primer, 2025

Tabel 1. Rata-Rata Persentase Mortalitas Hama *Helopeltis bradyi*

Jenis bahan aktif insektisida	Mortalitas Hama (%)	
Kontrol	0	c
Buprofezin 2 ml/l	13,33	c
Dimehipo 2 ml/l	53,33	b
Alfa sipermetrin 2 ml/l	93,33	a
Nitenpiram 2 ml/l	100	a

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan data dari Tabel 1, rata-rata persentase mortalitas *Helopeltis bradyi* menunjukkan bahwa bahan aktif nitenpiram (100%) dan alfa-sipermetrin (93,33%) paling tinggi dibandingkan dengan bahan aktif dimehipo (53,33%), buprofezin (13,33%) dan kontrol (0%) pada konsentrasi yang sama yaitu pada larutan 2 ml/l.

Nilai efikasi yang berbeda sangat berkaitan erat dengan metode kerja, karakteristik toksikologi, dan pola penyerapan bahan aktif di dalam jaringan tumbuhan dan tubuh serangga secara langsung terkait dengan variasi tingkat efektivitas antar bahan aktif dalam uji coba terhadap *Helopeltis bradyi*. Nitenpiram adalah insektisida golongan *neonicotinoid* yang bekerja secara sistemik dengan menempel pada reseptor asetilkolin nikotik (nAChRs) di sistem saraf pusat serangga. Pengendalian normal transmisi sinyal saraf terganggu ketika senyawa *neonicotinoid*, seperti *nitenpyram*, terikat pada reseptor ini dan menyebabkan reseptor tersebut terus-menerus aktif. Stimulasi saraf berlebihan yang disebabkan oleh gangguan ini mengakibatkan kelelahan neuromuskular, kelumpuhan dan akhirnya kematian serangga target. *Neonicotinoid* memiliki aksi insektisida yang cepat dan kuat terhadap berbagai hama tanaman (Lu dkk., 2022). Insektisida golongan *neonicotinoids* seperti nitenpiram diketahui sangat berbahaya bagi berbagai hama pengisap yang termasuk dalam ordo hemiptera, dikarenakan dapat mengganggu aktivitas makan dan menurunkan viabilitas serta penurunan reproduksi serangga. Menurut penelitian oleh Waqas dkk. (2019) menyatakan insektisida golongan *neonicotinoid* secara signifikan mengurangi populasi hama dengan menekan dan reproduksi, selain secara langsung membunuh serangga penghisap. Berdasarkan mekanisme tersebut sejalan dengan nitenpiram memiliki nilai mortalitas tinggi (100%) dalam hasil uji, sehingga menunjukkan bahan aktif tersebut mampu menekan populasi hama *H. bradyi*.

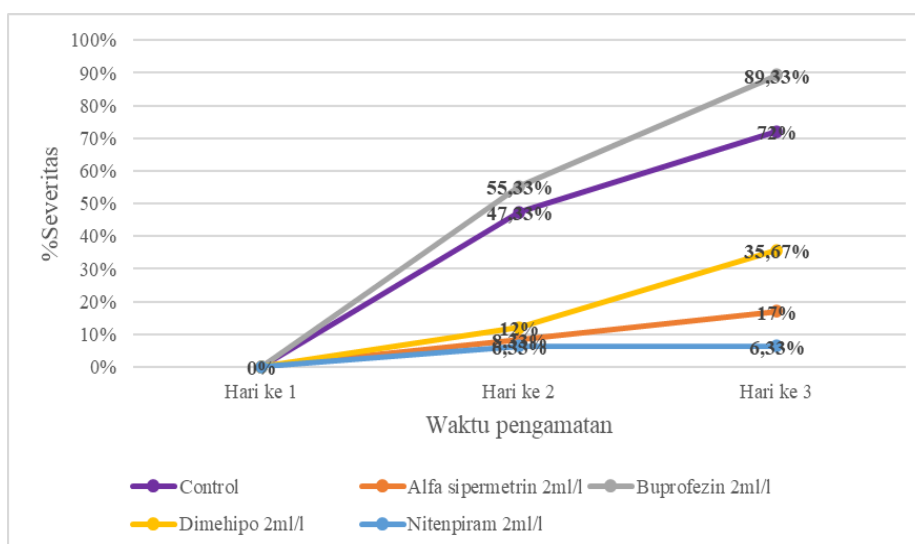
Alfa-sipermetrin dan insektisida piretroid lainnya diketahui memiliki aktivitas kontak yang sangat kuat terhadap berbagai jenis serangga, termasuk hama penghisap *Helopeltis*. seperti yang dibuktikan oleh efektivitasnya yang tinggi (93,33%), yang tidak berbeda secara statistik dengan nitenpiram. Menurut Field dkk. (2017) menyatakan bahwa zat-zat ini menargetkan kanal natrium yang diatur oleh tegangan pada sistem saraf serangga. Transmisi impuls saraf dalam neuron sangat dipengaruhi oleh saluran natrium ini. Ketika insektisida piretroid menempel pada saluran natrium, mereka menjaga saluran tetap terbuka, yang

mengakibatkan aliran terus-menerus ion natrium yang mengganggu transmisi impuls saraf, menyebabkan hiperaktivitas saraf, kelumpuhan, dan akhirnya kematian serangga. Hasil serupa dengan penelitian oleh Du dkk. (2016) yang menjelaskan bahwa piretroid sangat berbahaya bagi serangga karena kanal natrium mereka lebih sensitif dari pada kanal natrium vertebrata. Tingkat kematian yang tinggi dalam pengujian ini didukung oleh efek cepat tersebut.

Mekanisme kerja Dimehipo dapat menjelaskan perbedaan efektivitasnya dalam hasil uji yang menunjukkan nilai sebesar (53,33%) dan secara signifikan berbeda dari perlakuan kontrol dan buprofezin, tetapi lebih rendah daripada alfa-sipermetrin dan nitenpiram. Dimehipo adalah pestisida yang mengganggu transmisi impuls saraf serangga, bertindak sebagai racun kontak dan perut dengan aksi neurotoksik. Meskipun proses ini menyebabkan kematian, dosis, tahap perkembangan serangga, dan frekuensi pengobatan semuanya memiliki dampak signifikan terhadap kecepatan dan intensitas efeknya. Berdasarkan penelitian lapangan oleh (Lubis dkk., 2024) menyatakan tingkat efisiensi dimehipo terhadap hama ulat *Mahesa corbetti* di perkebunan kelapa sawit hanya sekitar 40-50%, sedangkan tingkat efektivitas sipermetrin melebihi 80%. Data ini sejalan dengan hasil uji, yang menunjukkan bahwa insektisida berbasis piretroid lebih efektif dari pada dimehipo. Sedangkan buprofezin dengan mekanisme bekerja sebagai regulator pertumbuhan serangga (IGR) yang menghambat sintesis kitin sesuai dengan efektivitasnya yang sebesar (13,33%) dan tidak adanya perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kontrol. Hal ini dibuktikan dalam penelitian oleh Ullah dkk., (2019) tentang hama penghisap seperti *Aphis gossypii*, buprofezin dapat menimbulkan efek *sublethal*, termasuk memperlambat perkembangan, mengurangi tingkat kelangsungan hidup populasi dan mengurangi reproduksi pada generasi berikutnya dari pada selalu menyebabkan kematian cepat. Efek ini terjadi karena buprofezin menghambat aktivitas enzim *chitin synthase*, yang diperlukan untuk pembentukan kulit baru selama proses pergantian kulit. Buprofezin bekerja paling efektif pada tahap nimfa dan memiliki dampak yang kurang instan pada serangga dewasa. Oleh karena itu, nilai efektivitas yang rendah dari buprofezin, yang tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan kontrol dalam hasil uji ini, sesuai dengan literatur ilmiah terbaru yang menunjukkan bahwa buprofezin, sebagai IGR, memberikan hasil terbaik ketika dievaluasi menggunakan parameter perkembangan populasi dan pengurangan reproduksi dari pada mortalitas akut.

Tingkat Keparahan (Severitas) Serangan Hama *Helopeltis bradyi* pada Pucuk Tanaman Eukaliptus

Berdasarkan rata-rata persentase tingkat keparahan serangan (severitas) hama *Helopeltis bradyi* pada pucuk tanaman eukaliptus yang telah di aplikasikan dengan berbagai jenis insektisida pada hari ke-1 sampai hari ke-3 di sajikan pada Gambar 2 dan Tabel 2 menunjukkan data rata-rata hari ke -3.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Severitas Serangan Hama *Helopeltis bradyi* pada Pucuk Tanaman Eukaliptus dengan Berbagai Jenis Bahan Aktif Insektisida

Sumber:Data Primer, 2025

Tabel 2. Rata-Rata Persentase severitas pucuk tanaman oleh Hama *Helopeltis bradyi*

Jenis bahan aktif insektisida	Mortalitas Hama (%)	
Kontrol	72,00	b
Buprofezin 2 ml/l	89,33	b
Dimehipo 2 ml/l	35,67	a
Alfa sipermetrin 2 ml/l	17,00	a
Nitenpiram 2 ml/l	6,33	a

Sumber:Data Primer, 2025

Berdasarkan data dari tabel 2, rata-rata severitas pucuk tanaman eukaliptus oleh hama *H. bradyi* menunjukkan perlakuan dengan bahan aktif Nitenpiram (6,33%), Alfa-sipermetrin (17%), dimehipo (35,67%) memiliki perbedaan signifikan terhadap perlakuan dengan kontrol (72%) dan bahan aktif Buprofezin (89,33%), tetapi ketiga perlakuan tersebut tidak signifikansi antara perlakuan Nitenpiram, Alfa-sipermetrin dan Dimehipo. Hal ini, menunjukkan bahan aktif tersebut memiliki efek penekanan terhadap kerusakan tanaman oleh *Helopeltis bradyi*.

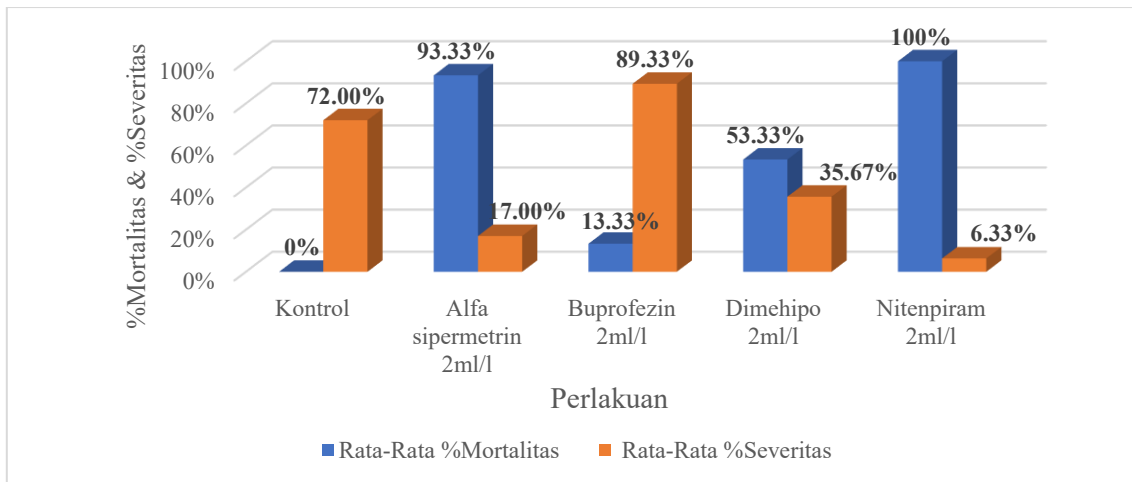
Reaksi fisiologis hama terhadap suatu perlakuan, terutama yang terkait dengan kematian cepat dan penurunan aktivitas makan (*Feeding inhibition*), secara langsung terkait dengan tingkat kerusakan tanaman (severitas). Dalam waktu yang relatif singkat, gangguan fisiologis pada sistem saraf serangga dapat menyebabkan kelumpuhan, gemetar,

kehilangan koordinasi, dan kematian. Selain meningkatkan tingkat kematian, kondisi ini secara instan menghentikan aktivitas makan, yang mengurangi tingkat kerusakan jaringan tanaman. Hubungan antara gangguan saraf, penurunan aktivitas makan, dan penurunan kerusakan tanaman dijelaskan dalam sebuah studi oleh Zhu dkk. (2023), yang menunjukkan bahwa insektisida sistemik dapat secara signifikan mengurangi aktivitas makan pada populasi serangga secara bersamaan. Hal ini sejalan dengan data hasil uji, di tunjukkan oleh nilai severitas dengan penggunaan bahan aktif Nitenpiram (6,33%), Alfa-sipermetrin (17%) dan dimehipo (35,67%) dapat menekan kerusakan tanaman melalui mekanisme kerja bahan aktif tersebut.

Pada sisi lain, dampak pada perilaku makan pada tahap awal terkadang tidak langsung terlihat ketika gangguan fisiologis, seperti penghambatan pergantian kulit, lebih dominan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan. Sehingga nilai keparahan tanaman (severitas) pada periode pengamatan awal tetap tinggi karena serangga mungkin masih makan dalam kondisi tersebut sebelum mati atau gagal tumbuh. Hubungan antara efek toksik insektisida, perubahan fisiologis pada serangga, dan perilaku makan hama dapat menyimpulkan bahwa penurunan kerusakan tanaman disebabkan oleh interaksi antara kematian individu dan terjadinya penghambatan makan, bukan hanya karena peningkatan kematian populasi (Handoko dkk., 2024). Menurut Abbas dkk. (2022) serangga yang terpapar zat berbahaya dapat mengalami gangguan fisiologis pada sistem saraf, metabolisme, dan koordinasi motoriknya yang mengakibatkan penurunan atau peningkatan secara signifikan dalam aktivitas makan meskipun individu tersebut belum mati, hal ini dikarenakan adanya efek antara *lethal* dan *sublethal* pada hama yang terpapar bahan aktif yang secara simultan mempengaruhi intensitas serangan hama. hal ini sejalan dengan bahan aktif yang menunjukkan severitas tertinggi (89,33%) meskipun terdapat hama yang mati.

Hubungan antara Tingkat Mortalitas Hama dan Tingkat Severitas pada Pucuk Tanaman Eukaliptus

Analisis hubungan antara tingkat mortalitas hama dan tingkat severitas pucuk tanaman dilakukan untuk mengetahui sejauh mana efektivitas perlakuan dalam menekan populasi *Helopeltis bradyi* memiliki pengaruh terhadap tingkat severitas pada pucuk tanaman eukaliptus. Berdasarkan data rata-rata mortalitas hama dan severitas serangan pada pucuk tanaman pada hari ke 3 disajikan pada Gambar 3, dilakukan analisis korelasi yang disajikan pada Tabel 3, untuk mengetahui hubungan antara nilai mortalitas hama dan tingkat severitas.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Mortalitas dan Severitas Serangan Hama *Helopeltis Bradyi* pada Pucuk Tanaman Eukaliptus dengan Berbagai Jenis Bahan Aktif Insektisida

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 3. Uji Korelasi Terhadap Tingkat Mortalitas Hama dengan Severitas Serangan Hama Terhadap Pucuk Tanaman Eukaliptus

Variabel	r (Koefisien Korelasi Pearson)	Sig. (<i>p-value</i>)
Tingkat Mortalitas dan Severitas	- 0,953*	0,012

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan hasil nilai uji korelasi *Pearson* diperoleh nilai koefisien korelasi (*r*) sebesar $-0,953$ yang menyatakan bahwa hubungan antara tingkat mortalitas hama *Helopeltis bradyi* dan severitas serangan pada pucuk tanaman eukaliptus adalah berbeda nyata. Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat kuat antara tingkat mortalitas dan severitas serangan. Nilai negatif menunjukkan bahwa peningkatan mortalitas hama diikuti oleh penurunan severitas serangan pada tanaman. Kekuatan korelasi yang mendekati -1 mengindikasikan hubungan yang hampir linear dan sangat erat, sehingga tingkat mortalitas dapat dianggap sebagai indikator yang sangat representatif dalam menjelaskan variasi severitas kerusakan pucuk tanaman eukaliptus. Dengan kata lain, semakin tinggi persentase kematian *H. bradyi* akibat perlakuan insektisida, semakin rendah intensitas kerusakan yang ditimbulkan pada jaringan pucuk tanaman.

KESIMPULAN

Penggunaan jenis bahan aktif insektisida menunjukkan pengaruh nyata terhadap tingkat mortalitas *Helopeltis bradyi*, dimana bahan Nitenpiram dan aktif Alfa-sipermetrin memberikan tingkat mortalitas tertinggi dibandingkan dimehipo dan Buprofezin. Jenis bahan aktif insektisida juga berpengaruh nyata terhadap tingkat keparahan pucuk tanaman yang terserang *Helopeltis bradyi*, dimana bahan aktif insektisida Nitenpiram, Alfa-sipermetrin dan Dimehipo secara signifikan mampu menekan tingkat keparahan pucuk (Severitas).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Iqbal, J., Zeshan, A., Ali, Q., Nadeem, I., Malik, H., Nazir, T., Akhter, M. F., & Iqbal, B. B. (2022). Lethal and sublethal effects of flonicamid (50 WG) and spirotetramat (240 SC) on Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae): an age-stage two sex life table study. *Phytoparasitica*, 50(3), 727–742. <https://doi.org/10.1007/s12600-022-01002-5>
- Buchory, G. N., Iftita Fitri, & Fani Fauziah. (2024). Menilik Helopeltis spp. Hama Penting Komoditas Perkebunan di Indonesia. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(2), 175–193. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v8i2.664>
- Du, Y., Nomura, Y., Zhorov, B., & Dong, K. (2016). Sodium Channel Mutations and Pyrethroid Resistance in Aedes aegypti. *Insects*, 7(4), 60. <https://doi.org/10.3390/insects7040060>
- Field, L. M., Emyr Davies, T. G., O'Reilly, A. O., Williamson, M. S., & Wallace, B. A. (2017). Voltage-gated sodium channels as targets for pyrethroid insecticides. *European Biophysics Journal*, 46(7), 675–679. <https://doi.org/10.1007/s00249-016-1195-1>
- Handoko, B., Febrayanto, C. R., Susiyanti, F., & Mulyana, I. H. (2024). Beyond Mortality: Evaluating Insecticide Impact on Spodoptera exigua Feeding and Damage. *Agripreneur: Jurnal Pertanian Agribisnis*, 13(2), 26–36.
- Lu, W., Liu, Z., Fan, X., Zhang, X., Qiao, X., & Huang, J. (2022). Nicotinic acetylcholine receptor modulator insecticides act on diverse receptor subtypes with distinct subunit compositions. *PLOS Genetics*, 18(1), e1009920. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1009920>
- Lubis, M. A., Ainy Dalimunthe, B., Hariyati Adam, D., & Walida, H. (2024). The Effectiveness of Various Insecticides Against Bagworm Pests (Mahesa corbetti) Mortality in Oil Palm Productive Plants in Marbau District, Pernatian Village, PT Umada Plantation. *JURNAL AGRONOMI TANAMAN TROPIKA (JUATIKA)*, 6(2), 519–528. <https://doi.org/10.36378/juatika.v6i2.3628>
- Putri, T. E. (2022). *Hama Helopeltis Theivora Pada Tanaman Eucalyptus Pellita Di HTI Pt PSPi Distrik Petapahan* [S1, Universitas Lancang Kuning]. <https://repository.unilak.ac.id/4334/>
- Rahayu, D. S. (2017). Jenis-Jenis Insektisida untuk Pengendalian Hama Utama pada Tanaman Kakao. *Warta: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 29(3), 28–32.
- Rosianty, Y., Lensari, D., & Aini, A. N. (2024). Identifikasi Tanaman Eucalyptus Pellita (Eucalyptus pellita F.Muell) yang Terserang Hama di PT. Musi Hutan Persada. *Sylva Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 13(2), 51–60. <https://doi.org/10.32502/sylva.v13i2.9448>
- Shinya, T., Hojo, Y., Desaki, Y., Christeller, J. T., Okada, K., Shibuya, N., & Galis, I. (2016). Modulation of plant defense responses to herbivores by simultaneous recognition of different herbivore-associated elicitors in rice. *Scientific Reports*, 6(1), 32537. <https://doi.org/10.1038/srep32537>
- Ullah, F., Gul, H., Yousaf, H. K., Xiu, W., Qian, D., Gao, X., Tariq, K., Han, P., Desneux, N., & Song, D. (2019). Impact of low lethal concentrations of buprofezin on biological traits and expression profile of chitin synthase 1 gene (CHS1) in melon aphid, Aphis gossypii. *Scientific Reports*, 9(1), 12291. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48199-w>

- Wahyudin, M. A., Windriyanti, W., Rahmadhini, N., & Lestari, S. R. (2024). Pengaruh Samping Insektisida Berbahan Aktif Dimehipo dan Fipronil terhadap Mortalitas dan Kemunculan Imago *Trichogramma chilonis*. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2), 249. <https://doi.org/10.23960/jat.v12i2.7691>
- Waqas, M. S., Qian, L., Shoaib, A. A. Z., Cheng, X., Zhang, Q., Elabasy, A. S. S., & Shi, Z. (2019). Lethal and Sublethal Effects of Neonicotinoid Insecticides on the Adults of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) on Tomato Plants. *Journal of Economic Entomology*, 112(3), 1314–1321. <https://doi.org/10.1093/jee/toy427>
- Zhu, X., Wei, Q., Wan, P., Wang, W., Lai, F., He, J., & Fu, Q. (2023). Effect of Paclbutrazol Application on Enhancing the Efficacy of Nitenpyram against the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10490. <https://doi.org/10.3390/ijms241310490>
- Zote, V., Munj, A., Salvi, S., & Haldavnekar, P. (2017). Efficacy of newer insecticides against tea mosquito bug in cashew *Helopeltis antonii* Sign in Konkan region of Maharashtra. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 713–715.