

Evaluasi Efektivitas Laboratorium Kombinasi Paraffin Oil dan Insektisida Berbasis Spinetoram dan Permetrin dalam Mengendalikan Semut Rangrang (*Oecophylla smaragdina* Fabricius)

*Laboratory Evaluation of the Effectiveness of Paraffin Oil and Insecticide Combination Based on Spinetoram and Permethrin to Control Weaver Ant (*Oecophylla smaragdina* Fabricius)*

Bakhroini Habriantono^{1*}, Rachmi Masnilah², Fariz Kustiawan Alfarisy³

^{1,2,3} Department of Plant Protection, University of Jember

* bakhroini@unej.ac.id

ABSTRAK

Minyak parafin diketahui dapat digunakan sebagai pengendali hama. Minyak parafin lebih beracun bagi serangga hama dan lebih aman digunakan pada tumbuhan, manusia, bahkan organisme bermanfaat yang bertindak sebagai musuh alami. Minyak parafin diketahui memiliki kemampuan untuk dicampur dengan berbagai pestisida lain, yang dapat memperpanjang efektivitasnya. Kemampuan tersebut sangat berguna dalam mengurangi dosis pemberian insektisida di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan kombinasi minyak parafin dengan insektisida berbahan aktif spinetoram dan permethrin terbaik pada semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) yang pada kasus tertentu dapat menjadi hama di laboratorium. Hasil penelitian ini setidaknya dapat digunakan untuk mengurangi dosis penggunaan insektisida. Aplikasi perlakuan minyak parafin dan kombinasinya dengan insektisida spinetoram dan permethrin dilakukan dengan metode topikal atau penyemprotan secara langsung pada semut rangrang. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor dengan perlakuan variasi kombinasi minyak parafin dengan insektisida spinetoram dan permethrin. Variabel pengamatan yang diamati adalah mortalitas semut rangrang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi minyak parafin 0,4 ml dengan insektisida permetrin 0,6 ml merupakan perlakuan terbaik dalam menyebabkan mortalitas hama semut rangrang dan dalam hal mengurangi dosis insektisida sintetik.

Kata kunci — kombinasi insektisida, efikasi insektisida, mortalitas, pengendalian hama

ABSTRACT

*Paraffin oil is known to be effective as a pest control agent. It is more toxic to pest insects while being safer for plants, humans, and beneficial organisms that act as natural enemies. Paraffin oil is also known for its ability to be mixed with various other pesticides, which can extend its effectiveness. This capability is particularly useful for reducing insecticide dosages in the field. This study aims to determine the best treatment combination of paraffin oil with insecticides containing the active ingredients spinetoram and permethrin on weaver ants (*Oecophylla smaragdina*), which in certain cases can become pests in laboratory settings. The findings of this study can potentially be used to minimize insecticide usage. The application of paraffin oil and its combinations with spinetoram and permethrin insecticides was carried out using a topical or direct spraying method on weaver ants. The study was designed using a Completely Randomized Design (CRD) with one factor, varying combinations of paraffin oil with spinetoram and permethrin insecticides. The observed variable was the mortality of weaver ants. The research results showed that the combination of 0.4 ml of paraffin oil with 0.6 ml of permethrin insecticide was the most effective in causing mortality of weaver ant pests and in reducing the dosage of synthetic insecticides.*

Keywords — *insecticide combination, insecticide efficacy, mortality, pest control*



© 2024. Bakhroini Habriantono, Rachmi Masnilah, Fariz Kustiawan Alfarisy



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Pada saat ini, pengendalian hama harus dilakukan secara berkelanjutan dengan menitikberatkan pada aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Penerapan pertanian berkelanjutan memerlukan periode transisi yang mencakup pembangunan kepercayaan, infrastruktur, kekuatan institusional, dan metode pelaksanaan yang tepat untuk mempercepat peralihan menuju sistem budidaya yang sesuai dengan konsep pertanian berkelanjutan [1]. Realitas di lapangan menunjukkan bahwa pengendalian hama yang sering dilakukan oleh petani melibatkan penggunaan pestisida (insektisida) sintetis. Meski metode ini efektif dalam menekan populasi hama melalui penyemprotan pada daun, terdapat konsekuensi negatif yang mungkin muncul, seperti resistensi, resurgensi hama, dampak toksik terhadap penyerbuk, serta penurunan hasil panen. Selain itu, efek jangka panjang terhadap spesies non-target, kesehatan manusia, dan lingkungan juga perlu diperhatikan [2]. Oleh sebab itu, strategi yang aman, efektif, berkelanjutan, dan tahan lama sangat dibutuhkan dalam upaya meminimalkan dampak negatif penggunaan insektisida sintetis terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian [3].

Minyak parafin merupakan salah satu alternatif yang dapat dikemukakan dalam mengendalikan serangga hama. Minyak ini dapat bekerja melalui beberapa mekanisme, terutama dengan menyumbat pori-pori pada kutikula atau lapisan luar tubuh hama. Hal ini menyebabkan dehidrasi pada serangga hama karena air tidak bisa keluar dari tubuh mereka. Dehidrasi ini mengakibatkan kematian hama, melarutkan lipid internal, dan akhirnya menembus struktur sel internal hama [4]. Minyak parafin diketahui memiliki kemampuan untuk dicampur dengan berbagai pestisida lain, sehingga mampu untuk memperpanjang efektivitasnya. Hal ini menjadi aspek penting dalam upaya mengurangi penggunaan pestisida [5]. Meskipun penggunaan pestisida sintetis memiliki dampak negatif, namun keunggulan dari aplikasi insektisida sintetis, seperti kecepatan dalam membunuh target, kemudahan akses, dan kemudahan dalam pengaplikasiannya, masih sulit ditandingi oleh

metode pengendalian lainnya. Sebagai informasi dalam kegiatan pengelolaan hama terpadu, pengendalian hama didasarkan pada pelepasan agen pengendali biologis dan aplikasi insektisida kimia sehingga penerapan pengendalian dengan pestisida sintetis masih dianggap penting [6].

Dalam kegiatan budidaya tanaman, terdapat berbagai tantangan untuk mencapai produktivitas yang optimal. Salah satu hambatan dalam budidaya tanaman tembakau adalah serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) biasanya tidak dianggap sebagai hama utama pada tanaman. Sebaliknya, *O. smaragdina* umumnya dianggap bermanfaat karena mereka cenderung memangsa hama lain seperti ulat, kutu daun, dan serangga kecil lainnya yang dapat merugikan tanaman. *O. smaragdina* dikenal sebagai predator alami dan dapat memberikan layanan pengendalian hama di pertanian. *O. smaragdina* membentuk koloni yang kuat dan aktif mencari makanan di sekitar area mereka, termasuk mencari dan memangsa hama tanaman. Oleh karena itu, kehadiran *O. smaragdina* pada tanaman seharusnya lebih dianggap sebagai sesuatu yang positif daripada negatif [7]. Namun, dalam beberapa kasus, jika jumlah *O. smaragdina* terlalu banyak, mereka mungkin juga mengonsumsi nektar dan madu yang diproduksi oleh tanaman. Ini mungkin tidak berdampak langsung pada tanaman itu sendiri, tetapi bisa menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan terutama jika tanaman tersebut juga bergantung pada serangga penyerbuk. Penting untuk dicatat bahwa informasi ini mungkin berlaku secara umum, dan kondisi lokal dan spesifik tanaman tertentu dapat mempengaruhi apakah semut rangrang dianggap sebagai masalah atau bukan [8]. *O. smaragdina* dapat ditemukan dalam bentuk sarang di mana formasi sarang semut yang dibuat dapat menyebabkan daun-daun tanaman terlilit membentuk anyaman sehingga daun tidak dapat dipanen. Selain itu, sarang ini juga berpotensi mengundang kehadiran kutu daun atau hama lain di sekitarnya sehingga dapat merugikan pertanaman secara keseluruhan [9].

Pengendalian *O. smaragdina* umumnya dilakukan dengan aplikasi insektisida sintetis. Insektisida sintetis yang digunakan untuk



mengendalikan *O. smaragdina* biasanya berbahan aktif permetrin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan, bahan yang diresapi permethrin yang diuji efektif melawan semut Argentina dan semut api merah impor serta menyebabkan tingkat mortalitas yang signifikan [10]. Selain itu beberapa bahan aktif insektisida sintetik telah banyak diujicobakan untuk mengendalikan *O. smaragdina*, salah satunya adalah spinetoram. Spinetoram diketahui memiliki tingkat toksisitas tinggi terhadap serangga darat dan invertebrata air, serta sangat efektif digunakan sebagai insektisida untuk mengendalikan serangga darat [11].

Di lain pihak seperti yang telah dijelaskan sebelumnya minyak parafin dapat digunakan sebagai insektisida yang cukup efektif dalam mengendalikan berbagai serangga hama. Minyak parafin dengan konsentrasi 1% diketahui dari hasil penelitian merupakan perlakuan yang efektif dalam menekan tingkat kerusakan akibat serangan hama kutu kebul [12]. Dalam hal kemampuan untuk dicampur dengan insektisida lainnya kombinasi minyak parafin cukup efektif dalam mengendalikan serangga hama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum, campuran minyak esensial dan minyak parafin mineral lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan minyak esensial saja dalam mengendalikan ulat daun kapas (*Spodoptera littoralis*) dan ulat grayak tentara (*Spodoptera frugiperda*) [13]. Selain itu hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa semprotan minyak parafin yang dikombinasikan dengan beberapa ekstrak tumbuhan mampu menekan populasi hama kutu putih *Paracoccus marginatus* pada tanaman pepaya hingga 80% (minyak mimba), 67% (minyak jeruk), dan 65% (minyak bawang putih)[14]. Temuan ini mendasari dilaksanakannya penelitian tentang pencampuran minyak parafin dengan berbagai bahan aktif insektisida yang berbeda. Selain bertujuan meningkatkan efektivitas pengendalian terhadap hama semut rangrang, kombinasi minyak parafin dan insektisida sintesis diharapkan juga dapat mengurangi dosis insektisida yang diaplikasikan.

2. Target dan Luaran

Sasaran utama dari penelitian ini adalah praktisi lapang khususnya petani yang menghadapi masalah hama *O. smaragdina*. Hasil yang diharapkan dari kegiatan penelitian ini adalah rekomendasi metode pengendalian yang efektif dan efisien bagi petani sehingga setidaknya dapat mengurangi dosis aplikasi insektisida di lapangan dalam mengendalikan *O. smaragdina* dengan tetap mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan keberlanjutan ekosistem. Selain itu, diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan wawasan baru mengenai alternatif metode pengendalian hama yang ramah lingkungan serta mendukung peningkatan produktivitas pertanian melalui penggunaan teknologi pengendalian hama yang lebih bijaksana..

3. Metodologi

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengendalian OPT, Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember dimulai dari Januari hingga April 2024. Percobaan disusun menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan lima kali ulangan. Susunan perlakuan untuk pengujian kombinasi minyak parafin dengan insektisida spinetoram dan permethrin tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Susunan perlakuan kombinasi insektisida yang diuji

Kode Perlakuan	Konsentrasi (ml/l)
P1I1	Minyak parafin (1)
P2I1	Minyak parafin (0,8) + Spinetoram (0,2)
P3I1	Minyak parafin (0,6) + Spinetoram (0,4)
P4I1	Minyak parafin (0,4) + Spinetoram (0,6)
P5I1	Minyak parafin (0,2) + Spinetoram (0,8)
P6I1	Spinetoram (1)
P1I2	Minyak parafin (1)
P2I2	Minyak parafin (0,8) + Permetrin (0,2)
P3I2	Minyak parafin (0,6) + Permetrin (0,4)
P4I2	Minyak parafin (0,4) + Permetrin (0,6)
P5I2	Minyak parafin (0,2) + Permetrin (0,8)
P6I2	Permetrin (1)

Langkah pertama dalam melakukan penelitian adalah dengan menyiapkan serangga uji. Semut rangrang (*O. smaragdina*) diperoleh dari sarang *O. smaragdina* yang berada di



sekitar lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Jember dan dipelihara di tempat khusus berbentuk seperti lemari yang telah diberi kerodong kain agar *O. smaragdina* tidak terpapar sinar matahari secara langsung. Tempat tersebut ditempatkan di tempat yang teduh di sekitar lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Minyak parafin didapatkan dari toko pertanian dengan merek dagang Citrole. Begitupun dengan insektisida sintetik berbahan aktif Spinetoram dan Permetrin juga didapatkan dari toko pertanian dengan merek dagang Endure dan Klensect.

Langkah selanjutnya adalah aplikasi perlakuan kombinasi minyak parafin dan insektisida sesuai dengan Tabel 1. Aplikasi perlakuan kombinasi minyak parafin dan insektisida dilakukan dengan metode topikal melalui penyemprotan langsung pada imago *O. smaragdina*. Sebanyak 10 ekor imago *O. smaragdina* diletakkan di dalam kotak pengujian berupa gelas plastik yang telah dimodifikasi, kemudian disemprot sesuai dengan perlakuan yang diuji.

Untuk mengetahui tingkat efikasi kombinasi insektisida yang diuji pada imago *O. smaragdina* dilakukan melalui pengamatan mortalitas imago. Pengamatan dilakukan pada 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24 dan 48 jam setelah aplikasi (jsa). Data hasil pengamatan digunakan untuk menghitung tingkat efikasi insektisida. Apabila mortalitas serangga uji pada kontrol $\geq 5\%$, maka pengujian harus diulang. Tingkat perbedaan dinyatakan pada taraf 5%. Pengolahan data perubahan populasi *O. smaragdina* yang diuji dilakukan sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan. Efikasi insektisida yang diuji dihitung dengan rumus Abbott [15].

$$EI = \frac{Ca - Ta}{Ca} \times 100\%$$

Keterangan :

EI = Efikasi insektisida yang diuji (%)

Ca = Populasi *O. smaragdina* pada petak kontrol yang diuji setelah penyemprotan insektisida

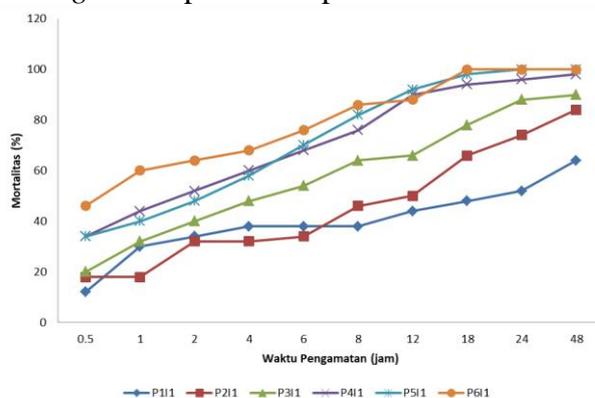
Ta = Populasi *O. smaragdina* pada petak perlakuan insektisida yang diuji setelah penyemprotan insektisida

Data hasil perhitungan mortalitas *O. smaragdina* dianalisis dengan menggunakan analisis sidik ragam ANOVA dan dilanjutkan dengan menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%.

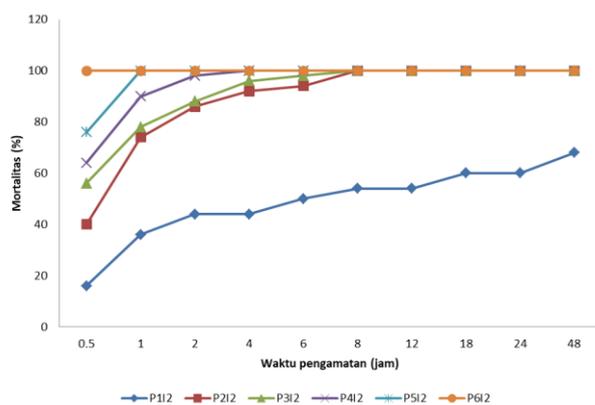
4. Pembahasan

4.1 Laju mortalitas semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*)

Pengaruh berbagai perlakuan kombinasi minyak parafin dengan insektisida spinetoram terhadap mortalitas *O. smaragdina* dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan Pengaruh berbagai perlakuan kombinasi minyak parafin dan insektisida permetrin terhadap mortalitas *O. smaragdina* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 1. Pengaruh kombinasi minyak parafin dan insektisida spinetoram terhadap mortalitas *O. smaragdina* pada berbagai waktu pengamatan



(b)

Gambar 2. Pengaruh kombinasi minyak parafin dan insektisida permetrin terhadap mortalitas *O. smaragdina* pada berbagai waktu pengamatan

Secara umum dari Gambar 1 dan Gambar 2 apabila kita membandingkan laju mortalitas pada kedua jenis insektisida yang

dikombinasikan dengan minyak parafin terlihat bahwa insektisida permetrin memiliki laju mortalitas *O. smaragdina* yang lebih baik dibandingkan dengan insektisida spinetoram. Hal ini terlihat pada Gambar 2 di mana aplikasi tunggal insektisida permetrin telah dapat menyebabkan mortalitas 100% pada 0,5 jam setelah aplikasi. Begitupun dengan kombinasinya dengan minyak parafin yang secara keseluruhan telah dapat menyebabkan mortalitas 100% pada 8 jam setelah aplikasi. Sedangkan insektisida spinetoram secara umum menyebabkan mortalitas yang tinggi pada 24 jam setelah aplikasi.

Perbedaan efektivitas insektisida spinetoram dengan permetrin telah sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya di mana hasil secara keseluruhan menunjukkan bahwa acetamiprid merupakan bahan aktif insektisida yang paling toksik di antara 19 insektisida yang diuji, diikuti oleh permetrin, temephos, profenofos, bendiocarb, dan methomyl, sedangkan spinosad dan spinetoram merupakan insektisida dengan toksisitas paling rendah dalam menyebabkan mortalitas semut kayu *Camponotus sericeus* (Hymenoptera: Formicidae) [16]. Efektivitas suatu bahan insektisida dibandingkan insektisida lainnya salah satunya adalah bergantung dari bagaimana *mode of action* dari suatu bahan aktif yang terkandung dalam insektisida tersebut dalam membunuh hama target pada kondisi yang sama [17]. Selain itu, faktor penting lainnya yang memengaruhi pengujian efektivitas insektisida atau bioassay adalah respon bioassay insektisida terhadap serangga hama yang diuji. Respon bioassay insektisida merupakan reaksi serangga terhadap insektisida yang diuji, biasanya diukur dalam bentuk tingkat mortalitas, perubahan perilaku, atau efek subletal lainnya. Respon ini mencerminkan efektivitas insektisida dalam mengendalikan serangga target dan dapat dipengaruhi oleh dosis, waktu pemaparan, metode aplikasi, dan tahap perkembangan serangga yang diuji [18].

4.2 Efikasi insektisida

Pengujian tingkat efektivitas suatu insektisida dapat ditentukan berdasarkan pada kepadatan populasi *O. smaragdina*. Suatu jenis insektisida dapat dikatakan efektif apabila pada

sekurang-kurangnya ($\frac{1}{2}n + 1$) kali pengamatan ($n =$ jumlah total pengamatan setelah aplikasi), tingkat efikasi insektisida tersebut ($EI \geq 80\%$) dengan syarat :

- Pada petak perlakuan insektisida, populasi *O. smaragdina* lebih rendah atau tidak berbeda nyata dengan populasi *O. smaragdina* atau tingkat kerusakan tanaman pada petak perlakuan insektisida pembanding pada taraf kepercayaan 95 %.
- Pada petak perlakuan insektisida, populasi *O. smaragdina* yang diuji lebih rendah dan berbeda nyata dengan populasi *O. smaragdina* daripada populasi hama atau tingkat kerusakan tanaman pada petak kontrol pada taraf kepercayaan 95 %.

Sehingga apabila mengacu pada rumusan tersebut, nilai afektivitas perlakuan insektisida dari penelitian ini adalah $EI \geq 80\%$ pada sekurang-kurangnya 6 (enam) kali pengamatan ($\frac{1}{2} \times 10 + 1 = 6$). Hasil efikasi insektisida dapat dilihat pada Tabel 2.

Mengacu pada rumusan sebelumnya di mana dalam penelitian ini insektisida efektif apabila sekurang-kurangnya dalam 6 kali pengamatan mortalitas *O. smaragdina* harus $\geq 80\%$ (pada Tabel 2 yang dicetak tebal), maka terdapat beberapa kombinasi perlakuan insektisida yang dapat direkomendasikan dalam mengendalikan *O. smaragdina*. Perlakuan tersebut adalah kombinasi minyak parafin dengan insektisida permetrin dimulai dari kombinasi Minyak parafin (0,6) + Permetrin (0,4) atau P3A2 hingga Minyak parafin (0,2) + Permetrin (0,8) atau P5A2. Perlakuan Minyak parafin (0,8) + Permetrin (0,2) belum bisa dikatakan efektif dikarenakan nilai efikasinya tidak berbeda nyata hanya dalam 5 kali waktu pengamatan dibandingkan insektisida sasaran. Sedangkan kombinasi minyak parafin dengan insektisida spinetoram nilai efikasi insektisida dinilai tidak efektif karena tidak memenuhi rumusan efikasi insektisida.



Tabel 2. Pengaruh kombinasi minyak parafin dengan insektisida sintetik pada beberapa taraf konsentrasi terhadap mortalitas semut *O. smaragdina* pada seluruh waktu pengamatan

Perlakuan	Rata-rata Mortalitas <i>O. smaragdina</i> (%) pada ... jam setelah aplikasi (isa)									
	0,5	1	2	4	6	8	12	18	24	48
P1I1	12 a	30 b	34 ab	38 a	38 ab	38 a	44 a	48 a	52 a	64 a
P2I1	18 ab	18 a	32 a	32 a	34 a	46 ab	50 a	66 b	74 b	84 b
P3I1	20 ab	32 b	40 abc	48 ab	54 c	64 c	66 b	78 c	88 c	90 c
P4I1	34 bc	44 b	52 cd	60 bc	68 d	76 d	90 c	94 d	96 d	98 d
P5I1	34 bc	40 b	48 bc	58 bc	70 d	82 de	92 c	98 e	100 d	100 d
P6I1	46 cde	60 c	64 d	68 c	76 d	86 e	88 c	100 e	100 d	100 d
P1I2	16 a	36 b	44 abc	44 a	50 bc	54 bc	54 ab	60 b	60 a	68 a
P2I2	40 cd	74 d	86 e	92 d	94 e	100 f	100 d	100 e	100 d	100 d
P3I2	56 de	78 d	88 e	96 de	98 f	100 f	100 d	100 e	100 d	100 d
P4I2	64 ef	90 e	98 f	100 e	100 f	100 f	100 d	100 e	100 d	100 d
P5I2	76 f	100 f	100 f	100 e	100 f	100 f	100 d	100 e	100 d	100 d
P6I2	100 g	100 f	100 f	100 e	100 f	100 f	100 d	100 e	100 d	100 d

Hasil pada tabel 2 apabila dibandingkan penelitian lainnya telah menunjukkan kesesuaian di mana adanya kombinasi campuran yang seimbang antara oli bekas dan minyak biji inti neem merupakan perlakuan yang paling efektif, diikuti oleh oli bekas, permethrin, dan minyak biji inti neem secara berurutan dalam mengendalikan hama semut pemanen (*Messor galla* Forel) [19]. Perlu diketahui bahwa dalam pencampuran dua jenis bahan kimia yang berbeda dikenal tiga istilah penting, yaitu sinergis, aditif dan antagonis. Sinergi dalam konteks toksisitas insektisida mengacu pada situasi di mana efek gabungan dari dua atau lebih insektisida secara signifikan lebih besar dari yang diharapkan berdasarkan toksisitas masing-masing insektisida. Dengan kata lain, toksisitas ditingkatkan ketika komponen-komponen tersebut disajikan bersama-sama pada suatu organisme [20]. Mengingat bahwa dalam penelitian ini bertujuan untuk mengurangi dosis insektisida sintetik, maka pencampuran antara minyak parafin dengan insektisida permetrin telah memberikan hasil sesuai harapan.

5. Kesimpulan

Perlakuan terbaik dari hasil penelitian ini adalah kombinasi minyak parafin 0,4 ml dengan insektisida permetrin 0,6 ml karena dapat menyebabkan mortalitas yang tinggi dan secara umum dapat mengurangi dosis insektisida sintetik.

6. Ucapan Terima Kasih (Optional)

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember atas pembiayaan penelitian ini dengan SK Nomor 7554/UN25/KP/2024.

7. Daftar Pustaka

- [1] Wagiyana, B. Habriantono, and F. K. Alfarisy, "Biological control of white grubs (*Lepidota stigma* L; Coleoptera; Scarabaeidae) with entomopathogenic nematodes and fungus *Metharizium anisopliae* (Metsch)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 759, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/759/1/012023.
- [2] M. F. Araújo, E. M. S. Castanheira, and S. F. Sousa, "The Buzz on Insecticides: A Review of Uses, Molecular Structures, Targets, Adverse Effects, and Alternatives," *Molecules*, vol. 28, no. 8, pp. 1–16, 2023, doi: 10.3390/molecules28083641.
- [3] M. Abubakar, B. Koul, K. Chandrashekar, A. Raut, and D. Yadav, "Whitefly (*Bemisia tabaci*) Management (WFM) Strategies for Sustainable Agriculture: A Review," *Agric.*, vol. 12, no. 9, pp. 1–39, 2022, doi: 10.3390/agriculture12091317.
- [4] T. Stadler and M. Buteler, "Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: A review," *Bull. Insectology*, vol. 62, no. 2, pp. 169–177, 2009.
- [5] H. I., K. A., and E.-S. N., "The usage of mineral oils to control insects," *Egypt. Acad. J. Biol. Sci. A, Entomol.*, vol. 5, no. 3, pp. 167–174, 2012, doi: 10.21608/eajbsa.2012.14277.
- [6] M. L. Pappas, F. Migkou, and G. D. Broufas, "Incidence Of Resistance To Neonicotinoid Insecticides In Greenhouse Populations Of The Whitefly, *Trialeurodes Vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) From Greece," *Appl. Entomol. Zool.*, vol. 48, no. 3, pp. 373–378, 2013, doi: 10.1007/s13355-013-0197-z.
- [7] K. Selvam and T. Nalini, "Toxicity of selected insecticides to the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* fabricius (Hymenoptera: Formicidae)," *Int. J. Entomol. Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: www.entomologyjournals.com
- [8] J. Offenber, "The use of artificial nests by weaver ants: A preliminary field observation," *Asian Myrmecology*, vol. 6, no. 1, pp. 119–128, 2014.



- [9] T. Rajagopal, P. Singam, S. Kulandaivel, S. Selvarani, S. Sevarkodiyone, and P. Ponmanickam, "Survey of red weaver ants (*Oecophylla smaragdina*) and their host plants in urban and rural habitats of Madurai District, Tamil Nadu, India," *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 938–943, 2019.
- [10] H. S. Costa, L. Greenberg, J. Klotz, and M. K. Rust, "Response of Argentine ants and red imported fire ants to permethrin-impregnated plastic strips: Foraging rates, colonization of potted soil, and differential mortality," *J. Econ. Entomol.*, vol. 98, no. 6, pp. 2089–2094, 2005, doi: 10.1093/jee/98.6.2089.
- [11] U. Epa and O. of Pesticide Programs, "US EPA - Pesticides - Fact Sheet for Spinetoram," no. October, pp. 1–13, 2009, [Online]. Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_G-4674_01-Oct-09.pdf
- [12] B. Habriantono, R. Masnilah, and F. K. Alfariy, "Pengelolaan Serangan Kutu Kebul (Bemisi tabaci Genn .) pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L .) di Rumah Kaca," vol. 24, no. 2, pp. 131–139, 2024.
- [13] R. R. H. Abdullah, W. Z. Aziz, S. A. Shoman, and N. H. Harraz, "Impact of mineral paraffin oil as an additive on the efficacy of garlic and ginger essential oils as natural insecticides against cotton leafworm and fall armyworm Impact of mineral paraffin oil as an additive on the efficacy of garlic and ginger essential," no. September, 2024, doi: 10.22271/j.ento.2024.v12.i5b.9385.
- [14] R. W. Mwanauta, P. B. Venkataramana, and P. A. Ndakidemi, "Insecticidal Activity of Selected Plant-Derived Essential Oils against Papaya Mealybug (*Paracoccus marginatus*)," *Sustain.*, vol. 15, no. 23, pp. 1–12, 2023, doi: 10.3390/su152316501.
- [15] W. S. Abbott, "A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925.," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 3, no. 2, pp. 302–303, 1987, doi: 10.1093/jee/18.2.265a.
- [16] H. A. A. Khan, R. Zafar, and I. Nasir, "Toxicity of seventeen insecticides to *Camponotus sericeus* (Hymenoptera: Formicidae)," *J. Asia. Pac. Entomol.*, vol. 24, no. 1, pp. 217–220, 2021, doi: 10.1016/j.aspen.2020.11.017.
- [17] E. Kolanthasamy, A. Pandi, and V. Gajendran, "Factors Affecting the Toxicity of Pesticides: An Overview Chapter - 1 Factors Affecting the Toxicity of Pesticides: An Overview," no. March, 2022.
- [18] M. Paramasivam and C. Selvi, "Laboratory bioassay methods to assess the insecticide toxicity against insect pests," *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 5, no. 3, pp. 1441–1445, 2017.
- [19] E. Okrikata, C. E. Anaso, and S. M. Bukar, "Evaluation of Spent Engine Oil and other Natural Materials on the Emergence of Harvester Ants (*Messor galla* Forel) in North Eastern Nigeria," *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 347–353, 2019, doi: 10.33945/sami/ijabbr.2019.4.5.
- [20] M. B. Isman and E. J. Norris, "Bioinsecticide synergy: The good, the bad and the unknown," *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.*, vol. 42, p. 100583, 2024, doi: 10.1016/j.coesh.2024.100583.

