

Toksisitas Minyak Biji *Azadirachta indica* A. Juss Dengan Bahan Sinergis *Sesamum indicum* L. Terhadap *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith

Raihan Rahmat Maulana¹⁾, Danar Dono^{2)*} & Noor Istifadah²⁾

¹⁾Alumny Study program Agrotechnology, Agriculture Faculty, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, 45363.

²⁾Department of Plant Pests and Diseases, Agriculture Faculty, Agriculture Faculty, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, 45363.

*Corresponding Author: danar.dono@unpad.ac.id

Received November 04, 2025; revised November 26, 2025; accepted November 30, 2025

ABSTRAK

Spodoptera frugiperda is a pest on corn plants that can cause significant losses for corn farmers. Neem seed oil (*Azadirachta indica* A. Juss) can be used as a botanical insecticide because it contains toxic compounds. Sesame oil (*Sesamum indicum* L.) is known to enhance the effectiveness of an insecticide due to its synergistic compound, *sesamin*. This study aims to evaluate the toxic effects of a mixture of neem seed oil and sesame oil on *S. frugiperda* larvae and examine the synergistic properties of sesame oil with neem seed oil. The study consists of toxicity tests using an experimental method with a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 6 treatments and 4 replications, followed by an analysis of the mixture's properties. Toxicity tests were conducted using a single neem seed oil and a mixture of neem seed oil with sesame oil. The single neem seed oil concentrations used were 0.5%, 0.9%, 1.7%, 3.2%, 6%, and Control, while the mixture concentrations were 0.5%, 0.8%, 1.4%, 2.4%, 4%. The toxicity test results showed that the oil mixture was toxic with LC50 and LC95 values of 1.102% and 2.416% at 16 Days After Treatment (DAT). The mixture of neem seed oil with sesame oil resulted in higher mortality rates for *S. frugiperda*. The analysis of the mixture's properties showed a synergistic ratio value of 2.402, indicating that sesame oil can synergize with neem seed oil.

Kata kunci: botanical insecticide, corn pests, mixture properties, *sesamin*, toxicity

Toksisitas Minyak Biji *Azadirachta indica* A. Juss Dengan Bahan Sinergis *Sesamum indicum* L. Terhadap *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda adalah hama pada tanaman jagung yang dapat mengakibatkan kerugian yang besar bagi para petani jagung. Minyak biji nimba (*Azadirachta indica* A. Juss) dapat digunakan sebagai insektisida nabati karena memiliki salah satu senyawa yang bersifat toksik. Minyak wijen (*Sesamum indicum* L.) diketahui dapat meningkatkan keefektifan suatu insektisida karena salah satu senyawa yang bersifat sinergis yaitu *sesamin*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh toksik campuran minyak biji nimba dan minyak wijen terhadap larva *S. frugiperda* dan mengkaji sifat sinergis minyak wijen terhadap minyak biji nimba. Penelitian ini terdiri dari uji toksisitas menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan 4 kali ulangan dan dilanjutkan dengan analisis sifat campuran. Uji toksisitas dilakukan dengan menggunakan minyak biji nimba tunggal dan campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen, konsentrasi minyak biji nimba tunggal yang digunakan sebesar 0,5%; 0,9%; 1,7%; 3,2%; 6%; dan Kontrol, lalu konsentrasi campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen 0,5%; 0,8%; 1,4%; 2,4%; 4%; dengan perbandingan 1:1. Hasil uji toksisitas menunjukkan campuran minyak bersifat toksik dengan LC50 dan LC95 masing-masing sebesar 1,102% dan 2,416% pada 16 Hari Setelah Perlakuan (HSP). Campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen dapat memberikan dampak lebih baik dalam menimbulkan mortalitas pada hama *S. frugiperda*. Hasil analisis sifat campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen mendapatkan nilai nisbah sinergistik 2,402, dari hasil tersebut menunjukkan minyak wijen dapat bersinergis dengan minyak biji nimba.

Keywords: hama jagung, insektisida nabati, *sesamin*, sifat campuran, toksisitas

PENDAHULUAN

Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith.) (Lepidoptera; Noctuidae) menjadi salah satu Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang menyerang tanaman jagung di berbagai wilayah di Indonesia. Meskipun demikian, hama ini sebenarnya bukanlah berasal dari Indonesia, melainkan dari

Amerika dan mulai masuk ke Indonesia sekitar tahun 2019. Peningkatan populasi hama *S. frugiperda* perlu diperhatikan agar penyebarannya tidak meluas karena termasuk spesies polifag dengan beberapa inang utama tanaman *Graminae* seperti jagung, padi, gandum, sorgum dan tebu (Maharani dkk., 2019). Hama ini dapat menyerang mulai dari fase vegetatif hingga fase

generatif tanaman. Pada tanaman jagung, bagian akar, daun, bunga jantan, bunga betina, bahkan sampai tongkol dapat hancur karena serangan hama *S. frugiperda* (Sari, 2020). Adapun gejala serangan hama ini adalah munculnya serbuk yang menyerupai serbuk gergaji pada tanaman jagung yang berwarna kecoklatan (Fissabililah dan Rustam, 2020). Serangan hama *S. frugiperda* dapat mengakibatkan kehilangan hasil sampai 80% dan akan membuat gagal panen apabila tidak dikendalikan (Sari, 2020).

Pestisida sintetik sering kali dipilih petani sebagai pengendalian hama *S. frugiperda* karena dinilai lebih efektif untuk mengendalikan populasi *S. frugiperda*. Pestisida sintetik mengandung bahan beracun dan berbahaya serta akan memberikan dampak negatif yang tidak diinginkan apabila tidak dikelola dengan baik. Dampak negatif tersebut dapat muncul secara langsung maupun tidak langsung, salah satunya berkaitan dengan kesehatan manusia. Petani yang sering/intensif menggunakan pestisida dalam mengendalikan hama dapat mengalami keracunan (Arif, 2015). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian hama *S. frugiperda* selain dengan pestisida sintetik yaitu dengan pestisida nabati.

Alternatif pengendalian yang terus dieksplorasi, aman bagi serangga non-target, dan dapat dipadukan dengan pengendalian lainnya, yaitu pengendalian dengan insektisida nabati. Penggunaan pestisida nabati yang berbahan aktif metabolit sekunder tanaman telah banyak dilaporkan dapat menekan serangan hama. Terdapat beberapa tanaman yang dapat dijadikan pestisida nabati, salah satunya adalah tanaman nimba (Wulansari dkk. 2022). Tanaman nimba (*Azadirachta indica* A. Juss) adalah spesies tumbuhan yang berasal dari subkontinen India dan telah digunakan dalam pengobatan tradisional selama berabad-abad. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari khasiat dan manfaat kesehatan dari tanaman ini, termasuk sebagai anti-inflamasi, antioksidan, dan anti-kanker (Alam dkk., 2021). Menurut Attia, dan Othman, G. (2021) Tanaman nimba (*A. indica*) telah digunakan dalam pengobatan tradisional selama berabad-abad. Namun, selain manfaat kesehatannya, tanaman nimba juga dikenal sebagai pestisida alami yang efektif dan aman untuk digunakan.

Tanaman nimba (*A. indica*) memiliki biji yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati karena bersifat toksik pada serangga. Salah satu kandungan bahan aktif pada biji nimba adalah *azadirachtin* yang dapat menghambat kerja hormon *ecdysone*, yaitu hormon yang berfungsi dalam proses metamorfosa serangga. Serangga akan terganggu pada proses pergantian kulit, proses perubahan dari telur menjadi larva, proses perubahan dari larva menjadi kepompong, maupun proses perubahan dari kepompong menjadi dewasa. Kegagalan dalam proses tersebut seringkali mengakibatkan kematian (Indiati dan Marwoto, 2008).

Penggunaan pestisida nabati mempunyai banyak keunggulan seperti ramah lingkungan, bisa

dibuat dirumah, dan bahan-bahannya mudah ditemukan. Namun demikian, pestisida nabati memiliki kelemahan seperti bahan aktifnya yang relatif mudah terdegradasi oleh alam sehingga kandungan yang ada akan cepat terurai setelah diaplikasikan. Formulasi yang tepat merupakan upaya yang dapat dilakukan agar kelemahan tersebut dapat teratasi. Salah satu penambahan formulasinya yaitu dengan penambahan bahan sinergis yang dapat memperkuat efek dari bahan utama. Selain bahan sinergis, dapat pula ditambahkan bahan lain seperti pengemulsi, perekat, dan bahan pembawa. Bahan-bahan yang ditambahkan tersebut mampu mempertahankan keefektifan suatu pestisida baik selama penyimpanan dan pengaplikasian (Dono dkk., 2020).

Sinergis pada pestisida merujuk pada efek meningkatnya toksisitas atau efektivitas pestisida ketika digunakan bersama dengan senyawa lain yang disebut sinergis atau pengganda (Zhu, 2013 ; Feng, 2013). Bahan Sinergis adalah Bahan campuran pestisida yang tidak beracun apabila digunakan secara tunggal pada konsentrasi/dosis tertentu, tetapi berfungsi untuk meningkatkan efektivitas pestisida dalam mengendalikan hama (Jones dan Sial, 2015). Contoh bahan sinergis pada pestisida adalah penggunaan *piperonyl butoxide* (PBO) sebagai bahan sinergis insektisida seperti *pyrethroids* dan *organophosphates*. Senyawa PBO bekerja dengan cara menghambat enzim detoksifikasi di dalam tubuh serangga yang bertanggung jawab untuk menguraikan pestisida, sehingga meningkatkan toksisitas pestisida dan memperpanjang waktu kerjanya. Salah satu kandungan yang memiliki sifat sinergis yaitu *sesamin* yang dapat di peroleh dari ekstrak wijen (*Sesamum indicum*) (Matsumura, 1985; Tarumingkeng, 2001). Selain itu, dapat pula ditambahkan bahan lain seperti pengemulsi, perekat, dan bahan pembawa. Bahan-bahan tambahan tersebut mampu mempertahankan keefektifan suatu pestisida baik selama penyimpanan dan pengaplikasian (Dono dkk., 2020).

Menurut Widayani dkk., (2023) Perlakuan insektisida campuran dengan bahan sinergis (*S. indicum*) dan antar insektisida *Piper aduncum* dan *Calophyllum soulattri* dapat meningkatkan toksisitas insektisida dan pengaruh antimakan dibandingkan perlakuan tunggalnya. Penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi pengaruh dari campuran ekstrak tanaman nimba dan minyak wijen terhadap mortalitas *S. frugiperda* dan efek dari penambahan minyak wijen sebagai bahan sinergis.

Identifikasi Masalah

Apakah campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen memiliki daya toksisitas terhadap hama *S. frugiperda*? Apakah minyak wijen bisa menjadi bahan yang bersinergis dengan minyak biji nimba?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk:

Menguji toksistas campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen terhadap hama *S. frugiperda*. Menguji efek sinergistik minyak wijen dengan minyak biji nimba terhadap hama *S. frugiperda*.

Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi untuk pengembangan insektisida nabati guna pengendalian *S. frugiperda*.

Kerangka Pemikiran

Berbagai cara telah dilakukan dalam pengendalian hama baik secara fisik, kimia, biologi maupun sistem pengendalian hama terpadu yang mengkombinasikan berbagai cara pengendalian hama. Cara pengendalian hama yang paling mudah dan umum dilakukan adalah penggunaan pestisida sintetis. Namun, penggunaan pestisida sintetis yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, menyebabkan resistensi, matinya musuh alami dan resurgensi (Pamungkas, 2017). Hama *S. frugiperda* merupakan salah satu hama yang dapat menimbulkan kerugian pada jagung karena hama ini memiliki kemampuan makan yang tinggi dan menyebabkan kerusakan pada berbagai tahapan pertumbuhan tanaman mulai dari fase vegetatif sampai matang fisiologis (FAO, 2019). Di Indonesia, hama *S. frugiperda* menyerang tanaman jagung pertama kali pada tahun 2019, tepatnya di Lampung (Trisyono dkk., 2019). Setelah penyerangan pertama tersebut, masih di tahun yang sama, hama *S. frugiperda* terdeteksi keberadaannya di beberapa daerah di Jawa Barat seperti Kab. Bandung, Kab. Sumedang dan Garut (Maharani dkk., 2019).

Nimba adalah salah satu tanaman yang bisa dijadikan sumber bahan insektisida nabati yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian hama. Bagian tanaman nimba yang dapat digunakan untuk insektisida adalah daun dan bijinya. Menurut Chaudhary *et al.*, (2017) Minyak nimba yang diekstrak dari biji pohon nimba, mengandung lebih dari 100 senyawa aktif biologis, dengan *azadirachtin* sebagai yang paling kuat. *Azadirachtin* berfungsi sebagai *antifeedant* (penghambat makan), pengatur pertumbuhan, dan agen sterilisasi terhadap berbagai jenis hama serangga. Senyawa ini mengganggu proses molting (pengelupasan kulit) pada serangga muda dan mengurangi kesuburan pada serangga dewasa, menjadikannya alat yang kuat dalam strategi pengelolaan hama terpadu. Selain itu minyak nimba memiliki toksistas yang lebih rendah terhadap organisme non-target, termasuk serangga yang bermanfaat, mamalia, burung, dan kehidupan akuatik, sehingga mendukung keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekologi dalam ekosistem pertanian. Minyak biji nimba mengandung minyak dan bahan aktif pestisida, sehingga banyak dimanfaatkan untuk pengendalian hama menurut Bate (2019). Salah satu komponen kimia yang terkandung dalam biji nimba ialah zat *azadirachtin*. Senyawa ini merupakan racun

dan mempunyai daya bunuh terhadap serangga hama tanaman. Selain itu juga, nimba bersifat *anit* yaitu menolak kehadiran serangga terutama karena baunya yang menyengat (Subiyakto, 2009).

Senyawa aktif dalam tanaman nimba tidak membunuh hama secara cepat/langsung, tetapi dengan memengaruhi daya makan, pertumbuhan, daya reproduksi, proses ganti kulit, menghambat perkawinan serta komunikasi seksual, menurunkan daya tetas telur, dan menghambat pembentukan kitin (Indiati dan Marwoto, 2008). Efek utama dari senyawa *azadirachtin* yang ada pada tanaman nimba berupa *antifeedant* dengan menghasilkan stimulan deterren spesifik berupa reseptor kimia (*chemoreceptor*) pada bagian mulut (*mouthpart*) yang bekerja bersamasama dengan reseptor kimia lainnya yang mengganggu persepsi rangsangan untuk makan (*phagostimulant*) (Mordue (Luntz) *et al.*, 1998). Berdasarkan kandungan bahan aktifnya biji dan daun nimba mengandung *azadirachtin* sebagai senyawa aktif utama, lalu senyawa *meliantriol*, *salanin*, *nimbin* dan *nimbodin* adalah hasil metabolit sekunder dari tanaman nimba (Indiati dan Marwoto, 2008). Menurut hasil percobaan Punjungsari (2022) Presentase kematian *Spodoptera litura* paling besar adalah pada penambahan ekstrak nimba sebesar 400 ml/L yaitu 90%.

Penggunaan pestisida nabati dapat dilakukan secara tunggal atau dicampur. Menurut Cloyd (2011), penggunaan dua atau lebih pestisida yang berbeda dapat meningkatkan efektivitas dalam mengendalikan OPT, yang disebut sebagai sinergis. Sinergis dapat memberikan dampak positif seperti menurunkan dosis aplikasi pestisida dan mencegah hama resisten. Namun, jika pestisida tidak kompatibel, dapat menyebabkan fitotoksik pada tanaman dan menurunkan efektivitas pestisida, seperti yang dijelaskan oleh Supriadi (2013).

Minyak biji nimba bisa meningkat daya efektivitasnya dengan ditambahkan dengan bahan sinergis. Bahan sinergis adalah senyawa kimia yang tidak beracun apabila digunakan secara tunggal pada konsentrasi/dosis tertentu, tetapi dapat meningkatkan toksistas insektisida tertentu apabila digunakan dalam bentuk campuran (Direktorat Jendral Bina Sarana Pertanian Departemen Pertanian, 2003). Bahan sinergis yang dapat digunakan adalah *Butylated Hydroxytoluene* (BHT), menurut Kim *et al.*, (2016) BHT adalah antioksidan sintetis yang digunakan dalam campuran pestisida untuk meningkatkan efektivitas dan stabilitas formulasi pestisida. Salah satu ekstrak tanaman yang bisa digunakan sebagai bahan sinergis yaitu minyak wijen. Menurut hasil percobaan Vitsenson (2003), minyak wijen menunjukkan sinergi yang baik dengan *cypermethrin*. Dalam percobaan tersebut, dicampurkan minyak wijen dengan *cypermethrin* yang menghambat aktivitas monooxygenase. Hasilnya menunjukkan bahwa residu *cypermethrin* pada larva meningkat 1,29-2,57 kali lipat pada perlakuan dengan penambahan minyak wijen. Salah satu senyawa yang terdapat pada minyak wijen

adalah *sesamin*. *Sesamin* bekerja dengan meningkatkan efektivitas pestisida tertentu, mekanisme kerjanya melibatkan inhibisi enzim yang digunakan oleh serangga untuk detoksifikasi pestisida, sehingga memperpanjang aksi pestisida dan mengurangi dosis yang diperlukan untuk efektivitas yang sama, meningkatkan Absorpsi Pestisida terhadap serangga, (Rahayu dkk., 2021).

Hipotesis Penelitian

Minyak biji nimba memiliki sifat toksik terhadap hama *S. frugiperda*. Minyak wijen dapat meningkatkan toksisitas insektisida. Minyak wijen memiliki potensi sebagai bahan sinergis, karena mampu meningkatkan keefektifan suatu insektisida.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Percobaan akan dilakukan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan bulan Mei 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah alat press, *micropipet*, labu volumetri 100 ml, beaker glass, cawan petri, corong kaca (berdiameter 5 cm dan 9 cm), cup plastik kecil, wadah plastik, botol ekstrak, kulkas, kapas, spatula, kuas kecil, kotak plastik besar, gunting, tisu, kurungan kasa, kertas saring biasa, kertas saring whattman no 41, aluminium foil, kapas, label, plastik, botol kaca 750ml dan *polybag*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak nimba, ekstrak wijen, larva *S. frugiperda* instar II, benih tanaman jagung, madu, tween 80, span, aquadest dan pupuk NPK.

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan uji residu daun pakan yang terdiri dari uji pendahuluan dan uji lanjutan. Uji pendahuluan dilakukan pada berbagai konsentrasi untuk mengidentifikasi dua tingkat konsentrasi yang dapat menyebabkan mortalitas antara 5%-95% pada larva serangga uji. Uji pendahuluan dilakukan dengan taraf konsentrasi 6%, 4%, 2%, 1%, 0,5% dan 0,0% (kontrol) untuk nimba tunggal dan 4%, 3%, 2%, 1%, 0,5% dan 0,0% (kontrol) dalam 3 ulangan.

Hasil uji pendahuluan digunakan untuk menentukan konsentrasi pada tes lanjutan. Uji lanjutan dilakukan dengan 5 taraf konsentrasi interval geometris (dari uji pendahuluan) ditambah kontrol, dengan 4 ulangan. Pengujian dilakukan pada minyak biji nimba tunggal, kemudian campuran minyak biji nimba dan minyak wijen dengan perbandingan 1:1. Setiap perlakuan melibatkan 10 serangga uji *S. frugiperda* instar II. Rancangan percobaan menggunakan

Rancangan Acak Kelompok (RAK), dan larva diberi pakan daun yang telah diberi perlakuan selama 48 jam.

Rancangan Respon dan Analisis Data

Variabel respon yang diamati pada penelitian ini antara lain: mortalitas larva *S. frugiperda*, nisbah sinergistik bahan yang diuji, lama perkembangan larva, bobot pupa, dan konsumsi pakan. Detail dari pengamatan berbagai variabel tersebut dapat dilihat pada sub bab pengamatan.

Untuk menganalisis hubungan antara konsentrasi dan mortalitas larva uji, dilakukan analisis probit menggunakan program Poloplus. Data mengenai lama perkembangan dan bobot pupa disajikan dalam bentuk nilai rata-rata dan standar deviasi. Analisis ragam digunakan untuk menganalisis data konsumsi pakan. Uji lanjut dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5% menggunakan program SPSS dilakukan untuk menguji perbedaan antar perlakuan pada konsumsi pakan. Selain itu, sifat campuran formulasi majemuk juga dianalisis dengan menghitung indeks kombinasi (IK).

Pelaksanaan Percobaan

Penyediaan Tanaman Pakan

Daun tanaman jagung manis digunakan sebagai pakan larva *S. frugiperda*. Varietas tanaman jagung manis yang dijadikan sebagai pakan adalah varietas Bonanza F1. Tanaman ditanam pada polybag, Setelah 1 MST, dilakukan penyulaman dengan menanam benih pada lubang tanam yang didalamnya terdapat benih yang tidak tumbuh dan dilakukan juga pemupukan susulan NPK sebanyak 5 g per lubang tanam. Penyiraman dilakukan sehari sekali yaitu pada pagi hari. Lalu dilakukan juga pemeliharaan tanaman seperti penyiangan gulma dan pengendalian hama penyakit secara mekanis. Daun ke-3, 4 dan 5 tanaman jagung yang berumur sekitar 6-8 minggu digunakan sebagai pakan larva *S. frugiperda*.

Perbanyakan Serangga Uji

Larva *S. frugiperda* instar II digunakan sebagai serangga uji. Serangga ini diperoleh dari hasil perbanyakan yang telah dilakukan di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. *S. frugiperda* tersebut berasal dari lahan jagung di Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang.

Perbanyakan serangga uji *S. frugiperda* dilakukan di ruang pembiakan serangga, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Unpad. Proses perbanyakan dimulai dari fase telur. Pada fase telur hingga larva instar 2, serangga diperbanyak dalam kotak plastik 450 ml. Di dalam kotak plastik tersebut, serangga diberi pakan jagung semi. Ketika larva mencapai fase instar 2 dan akan berlanjut ke instar 3, larva dipisahkan ke dalam cup plastik 100 ml yang berbeda, dengan rincian satu cup plastik berisi satu larva.

Pada setiap cup plastik, pemeliharaan dilakukan dengan pembersihan menggunakan kuas serta pakan diganti setiap hari. Perbanyakkan serangga uji di dalam cup plastik dilakukan hingga larva berubah menjadi pupa. Pupa yang terbentuk kemudian dipindahkan menjadi imago ke dalam kurungan masal.

S. frugiperda yang telah terbentuk kemudian diberi makan berupa larutan madu encer 10% yang disimpan dalam cup plastik di dalam kurungan masal. Langkah tersebut dilakukan hingga imago betina bertelur. Tisu diletakkan dalam wadah kurungan sebagai tempat peletakan telur. Kelompok telur yang diperoleh kemudian ditempatkan ke dalam kotak plastik yang dialasi kertas. Larva yang menetas dari telur tersebut dipindahkan ke wadah plastik, sebagian untuk pengujian, dan sisanya untuk pemeliharaan selanjutnya. Perbanyakkan selanjutnya dilakukan sesuai dengan prosedur yang sama hingga beberapa generasi sampai kebutuhan serangga uji terpenuhi.

Persiapan Minyak Biji Nimba dan Minyak Biji Wijen

Minyak nimba yang digunakan diperoleh dari Prof. Dr. Ir. Danar Dono, M.Si, dan merupakan hasil pengepresan biji nimba yang dilakukan di Divisi Pusat Studi Pengembangan Produk dan Kemitraan (Puspromit), Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Minyak nimba yang sudah tersedia kemudian dibuat larutan sesuai dengan konsentrasi perlakuan yang dibutuhkan untuk pengujian.

Pertama-tama, pembuatan larutan pengemulsi dilakukan terlebih dahulu. Tween-80 dan span dimasukkan ke dalam gelas beaker dengan perbandingan 4:1 sebanyak 20 ml, kemudian diaduk hingga homogen. Minyak biji nimba ditambahkan ke dalam gelas beaker 100 ml sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan menggunakan pipet ukur. Pengemulsi yang telah dibuat dimasukkan dengan perbandingan 1:1 ke dalam gelas beaker yang berisi minyak biji nimba hingga volumenya mencapai 100 ml. Minyak biji nimba yang sudah tercampur dengan larutan pengemulsi diaduk hingga rata dan kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml.

Sisa larutan minyak biji nimba yang masih ada di gelas beaker dibilas kembali menggunakan larutan pengemulsi. Ketika isi labu ukur akan mencapai 100 ml, penambahan larutan pengemulsi dilakukan secara perlahan menggunakan pipet ukur. Selanjutnya, labu dikocok hingga larutan homogen, dan larutan dituang ke dalam gelas beaker 100 ml untuk pencelupan daun pakan.

Untuk membuat minyak wijen, ekstraksi biji wijen dilakukan dengan cara pengepresan di Laboratorium Pestisida dan Toksikologi Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Langkah pertama dalam pembuatan minyak wijen adalah memasukkan biji wijen ke dalam alat press. Pengepresan dilakukan sebanyak 2 kali. Setelah di press, minyak dari hasil press disaring dengan

menggunakan kertas saring ke dalam botol kaca 750 ml. Penyaringan dilakukan beberapa kali hingga minyak bersih dari residu. Proses pembuatan perlakuan dilakukan sama seperti perlakuan minyak nimba tunggal, tetapi pada perlakuan campuran minyak biji nimba dan minyak biji wijen, minyak wijen ditambahkan dengan perbandingan 1:1 dengan minyak biji nimba.

Uji Toksisitas Ekstrak Tunggal dan Campuran Minyak Nabati

Pengujian toksisitas dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi tingkat toksisitas minyak biji nimba dan minyak wijen, lalu diketahui juga pengaruh pada konsumsi pakan, lama perkembangan larva, bobot pupa serta persentase pembentukan pupa dan imago *S. frugiperda*. Pengujian toksisitas dilakukan melewati dua tahap yaitu uji pendahuluan dan uji lanjutan.

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui terlebih dahulu nilai batas atas dan batas bawah konsentrasi yang menyebabkan mortalitas *S. frugiperda* antara $0 < x < 100\%$ masing-masing untuk mimba tunggal dan mimba + bahan sinergis minyak wijen dengan perbandingan 1:1.

Pengujian dilakukan dengan cara pencelupan daun pakan pada larutan minyak sesuai konsentrasi perlakuan. Pakan yang berupa daun jagung dipotong dalam bentuk segi empat berukuran 4 cm x 4 cm. Bagian daun tanaman jagung manis yang dipakai adalah daun bagian tengah. Kemudian, daun dicelupkan dalam larutan ekstrak sesuai perlakuan selama 20 detik hingga seluruh daun terbasahi secara merata. Daun yang telah dicelupkan kemudian dikering-anginkan di atas baki plastik. Selanjutnya sebanyak satu daun diletakkan ke dalam wadah plastik yang telah dialasi kertas tisu. Setelah itu, ke dalam wadah plastik tersebut dimasukkan 10 larva *S. frugiperda* instar II menggunakan kuas halus. Larva untuk perlakuan kontrol diberi pakan daun yang hanya dicelupkan dalam larutan pengemulsi tanpa tambahan minyak. Pemberian pakan dengan perlakuan konsentrasi pada larva serangga uji dilakukan selama 48 jam (2 x 24 jam). Setelah 48 jam pemaparan, kemudian larva diganti pakan dengan jagung semi tanpa perlakuan hingga instar VI. Selain pergantian pakan, masing-masing larva dipisahkan ke dalam cup plastik kecil sehingga satu cup plastik berisi satu larva. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari kematian serangga uji akibat sifat kanibalisme *S. frugiperda*.

Uji Lanjutan

Uji lanjutan dilaksanakan setelah diketahui nilai batas atas dan batas bawah konsentrasi. Perlakuan yang digunakan pada uji lanjutan yaitu sebanyak 6 perlakuan yang terdiri dari 5 taraf konsentrasi minyak biji nimba dan minyak wijen dan kontrol dengan ulangan sebanyak 4 kali. Penentuan 5 taraf perlakuan konsentrasi minyak biji nimba dan minyak wijen yang

digunakan dihitung menggunakan rumus interval geometris dengan cara konsentrasi sebelumnya dikalikan dengan faktor pengali. Pengujian campuran dilakukan dengan menggunakan perbandingan LC₉₅ kedua bahan tunggal. Setelah didapatkan perbandingannya, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan konsentrasi batas atas dan bawah yang diperkirakan dapat mematikan larva 5%-95%. Setelah didapatkan seri konsentrasinya, dibuat lima taraf konsentrasi berdasarkan interval geometrisnya ditambah kontrol. Perhitungan seri konsentrasi dengan interval geometris yaitu sebagai berikut (Permana dan Dono, 2018):

$$F = n^{-1} \sqrt{\frac{BA}{BB}}$$

Keterangan:

F = Faktor pengali (penambah/kenaikan)

BA = Batas atas konsentrasi

BB = Batas bawah konsentrasi

n = Jumlah konsentrasi yang digunakan

Didapatkan 5 konsentrasi yang digunakan pada uji lanjutan yaitu sebesar 0,5%, 0,9%, 1,7%, 3,2% dan 6% untuk Minyak biji nimba tunggal, sedangkan untuk campuran minyak nimba dan minyak wijen yaitu 0,5%, 0,8%, 1,4%, 2,4% dan 4%. Prosedur pengujian pada uji lanjutan sama dengan prosedur pada uji pendahuluan. Uji lanjutan bertujuan untuk mencari hubungan konsentrasi perlakuan dengan kematian larva, konsumsi pakan larva, lama perkembangan larva, dan bobot pupa yang dapat bertahan hidup. Data hubungan konsentrasi dengan kematian larva serangga uji dianalisis menggunakan analisis probit (Finney, 1971). Data hubungan konsentrasi dengan konsumsi pakan dianalisis menggunakan uji *Analysis of Variance* (Anova) pada taraf nyata 5%. Analisis dimulai dari uji Normalitas, apabila data normal dilanjutkan dengan uji ANOVA, jika uji ANOVA menghasilkan data yang berbeda nyata, lalu dilaksanakan uji lanjut menggunakan metode uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5%. Data hubungan konsentrasi dengan lama perkembangan dan bobot pupa yang dapat bertahan hidup disajikan dengan persamaan linear $x \pm SB$ pada taraf nyata 5%. Hasil dari uji lanjutan dapat dilihat hubungan antara konsentrasi dengan mortalitas larva menggunakan analisis regresi probit menggunakan program Poloplus 1.0 untuk mengetahui beberapa nilai LC. Respon/parameter lain yang diamati pada uji lanjutan meliputi konsumsi pakan, lama perkembangan larva, bobot pupa, serta persentase pembentukan pupa dan imago *S. frugiperda*.

Pengamatan

Mortalitas larva *S. frugiperda*

Pengamatan mortalitas larva uji dilakukan sejak hari pertama setelah aplikasi (HSP) yaitu sejak larva instar II hingga larva yang bertahan hidup mencapai instar VI. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung mortalitas larva *S. frugiperda* dengan menggunakan rumus Abbot (1925):

$$M = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

M = Mortalitas (%)

n = jumlah larva *S. frugiperda* yang mati (ekor)

N = jumlah larva *S. frugiperda* yang diuji (ekor)

Sifat Campuran

Hubungan konsentrasi dengan mortalitas serangga uji, baik pada uji tunggal maupun campuran dianalisis menggunakan analisis probit, nilai LC₉₅ yang diperoleh digunakan untuk menentukan sifat campuran. Sifat campuran insektisida ditentukan berdasarkan Selanjutnya, Nisbah Sinergistik (NS) yang dihitung berdasarkan rasio nilai LC₉₅ insektisida Tunggal dengan LC₉₅ insektisida campuran dengan rumus (Direktorat Jendral Bina Sarana Pertanian Departemen Pertanian, 2003):

$$NS = \frac{LC_{95A}}{LC_{95 \text{ Dalam Campuran}}}$$

A adalah insektisida yang diuji dan LC₉₅ diperoleh dari analisis probit data mortalitas pada pengujian beberapa taraf konsentrasi insektisida A yang diuji sendiri dalam campuran dengan sinergisnya.

Lama Perkembangan Larva

Lama perkembangan larva diamati dengan mencatat waktu yang diperlukan larva *S. frugiperda* untuk berkembang dari instar tertentu hingga instar berikutnya yang ditandai dengan pergantian kutikula larva. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan jangka waktu 24 jam.

Bobot Pupa

Pengamatan bobot pupa dilakukan dengan menimbang bobot pupa *S. frugiperda* dengan menggunakan timbangan analitik. Penimbangan bobot pupa dilakukan pada saat semua larva sudah menjadi pupa.

Konsumsi Pakan

Pengamatan bobot konsumsi pakan dilakukan dengan menghitung faktor koreksi dengan cara membuat sampel penduga bobot kering awal pakan. Langkah pertama yang dilakukan adalah menimbang bobot basah awal daun sampel kemudian bobot kering sampel daun dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C kemudian ditimbang. Bobot kering daun sampel didapatkan menggunakan rumus (Hardiani *et al.*, 2019) :

$$\frac{BK}{BK} \times 100\% = \% \text{ Kadar Biomassa}$$

Keterangan:

BK = Bobot kering daun sampel

BB = Bobot basah daun sampel

% Kadar Biomassa = Penduga bobot kering awal pakan

Bobot basah daun pakan yang akan diuji selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus untuk

memperoleh berat kering awal daun pakan, dengan rumus sebagai berikut (Hardiani *et al.*, 2019):

$B_{Ba} \times \% \text{ Kadar Biomassa} = \text{Bobot Kering Awal (BKA)}$

Keterangan:

B_{Ba} = Bobot basah awal daun pakan

% Kadar Biomassa = Penduga bobot kering awal daun pakan

BK_a = Bobot kering awal daun pakan

Sisa konsumsi daun pakan kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110°C untuk memperoleh bobot kering daun pakan tersebut. Bobot konsumsi daun pakan kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Hardiani *et al.*, 2019):

$$\text{Bobot konsumsi pakan} = \frac{BK_a - BK_b}{BK_a} \times 100\%$$

Keterangan:

BK_b = Bobot kering setelah konsumsi

BK_a = Bobot kering awal daun pakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan

Mortalitas larva *S. frugiperda*

Uji Pendahuluan mendapatkan hasil konsentrasi 0,5% sebagai batas bawah untuk Minyak Biji Nimba tunggal dan campuran minyak nimba dan minyak wijen, Batas atas untuk minyak biji nimba tunggal 6% dan untuk campuran minyak nimba dan minyak wijen 4% yang dapat menyebabkan kematian serangga uji. Berdasarkan hasil dari rumus penentuan taraf konsentrasi, didapatkan 5 konsentrasi yang digunakan pada uji lanjutan yaitu sebesar 0,5%, 0,9%, 1,7%, 3,2% dan 6% untuk Minyak biji nimba tunggal, sedangkan untuk campuran minyak nimba dan minyak wijen yaitu 0,5%, 0,8%, 1,4%, 2,4% dan 4%.

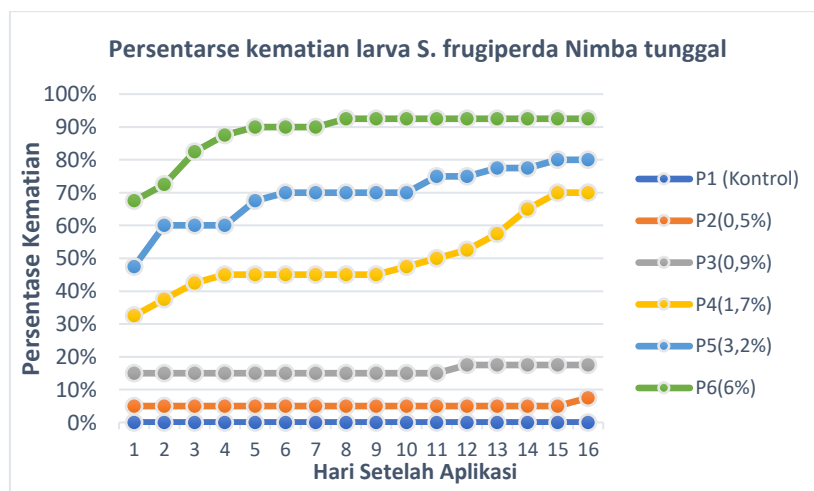
Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, semakin tinggi juga tingkat kematian pada larva yang di uji, terbukti pada Gambar 8. Mortalitas larva uji terjadi mulai dari 1 HSP/ di hari pemisahan larva uji kedalam cup (masing-masing cup diisi 1 larva uji).

Kematian pada larva uji ditandai oleh tubuh larva kering ataupun lembek, warna larva berubah menjadi gelap/kehitaman, tubuh larva menyusut menjadi lebih kecil dan gagal menjadi pupa. Larva uji yang mengalami kematian pada 3 HSP hingga 16 HSP memiliki gejala pergerakan yang lambat/lemas, kehilangan nafsu makan yang terlihat dari pakan yang dimakan hanya sedikit bahkan beberapa larva ada yang tidak memakan pakan yang sudah di berikan.

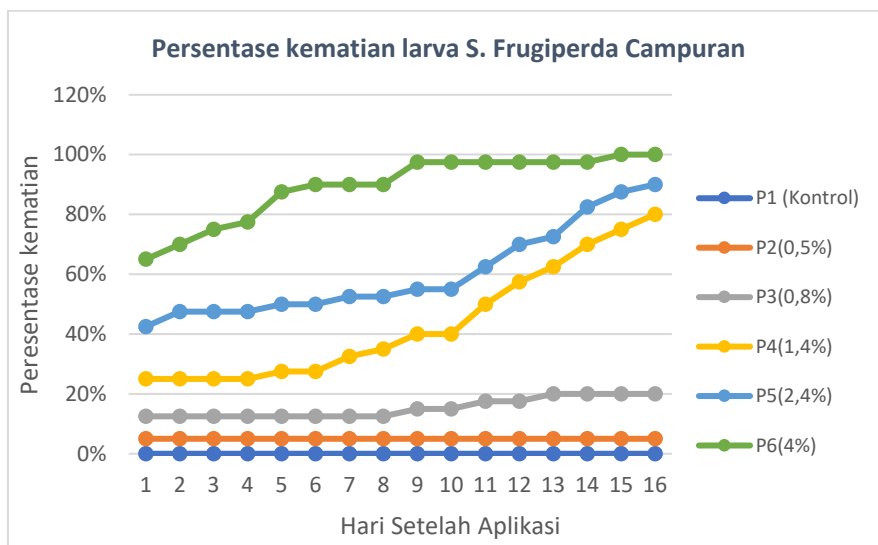


Gambar 1. Larva uji yang mati setelah pengalokasian perlakuan

Berdasarkan data perkembangan jumlah kematian larva uji dengan minyak nimba tunggal pada Gambar 9, larva uji kontrol tidak mengalami kematian pada 1 HSP – 16 HSP. Berdasarkan Gambar 9, terbukti bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan semakin tinggi tingkat mortalitas pada larva uji, seperti menurut penelitian Firmansyah dkk., (2018) mortalitas larva *Plutella xylostella* juga meningkat seiring kenaikan konsentrasi ekstrak *Tithoniadivesifolia*. Semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi mortalitas larva, dengan mortalitas 50% tercapai pada pengamatan ketiga tercapai pada pengamatan ketiga (72 jam setelah aplikasi).



Gambar 2. Perkembangan persentase kematian larva uji *S. frugiperda* menurut perkembangan kematian harian pada perlakuan berbagai selang konsentrasi minyak biji nimba tunggal dan kontrol



Gambar 3. Perkembangan persentase kematian larva uji *S. frugiperda* Menurut perkembangan kematian harian pada perlakuan berbagai selang konsentrasi campuran minyak biji nimba dengan minyak wijen dan control.

Senyawa aktif yang terkandung dalam tanaman mimba terutama pada bijinya yaitu *azadirachtin*, *meliantriol*, *nimbin* dan *salanin*. Senyawa ekstrak minyak nimba tidak membunuh serangga dengan cepat, tetapi mempengaruhi aktivitas seperti menurunkan nafsu makan, menghambat pertumbuhan, menghambat reproduksi dan penetasan telur, karena hal tersebut dapat memengaruhi larva uji dan menyebabkan kematian (Samsudin, 2011).

Berdasarkan Gambar 10 perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen larva uji kontrol tidak mengalami kematian pada 1 HSP – 16 HSP. Berdasarkan Gambar 10 terbukti bahwa perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen meningkatkan toksisitas minyak nimba lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan minyak nimba tunggal, karena perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen hanya perlu menggunakan konsentrasi 4% untuk mencapai tingkat mortalitas 100%, tetapi perlakuan perlakuan minyak nimba tunggal dengan konsentrasi 6% tingkat mortalitasnya hanya mencapai 92,5%.

Hal ini menunjukkan bahwa minyak wijen yang dicampur dengan minyak mimba bersinergi dan dapat meningkatkan kinerja minyak mimba, dan pada Gambar 10 menunjukan bahwa tingkat mortalitas campuran minyak nimba dan minyak wijen lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan minyak nimba tunggal. Hal ini diduga karena senyawa *sesamin* dapat meningkatkan efektivitas pestisida, memperkuat daya tahan tubuh terhadap serangan hama sehingga komponen utama pestisida berbahaya tidak mudah terdegradasi dan meningkatkan penetrasi dan penyerapan pestisida ke dalam jaringan tanaman.

(Jiang *et al.*, 2019 ; Xu *et al.*, 2020). *Sesamin* dapat menghambat aktivitas enzim pencernaan seperti amilase dan protease yang diperlukan untuk mencerna makanan. Dengan berkurangnya aktivitas enzim ini, larva tidak dapat memanfaatkan nutrisi dengan efektif, yang mengakibatkan malnutrisi dan kelaparan (Bhattacharya dan Mazumdar, 2020).

Berdasarkan hasil analisis regresi probit yang tercantum pada Tabel 1 didapatkan nilai LC50 pada 2 HSP yaitu sebesar 3,213%. Nilai LC50 terus mengalami penurunan yang signifikan hingga 16 HSP yaitu dengan nilai akhir sebesar 1,539%. Hal tersebut terjadi dikarenakan selama periode waktu tersebut kematian pada larva uji *S. frugiperda* terus meningkat. Pada nilai LC95 juga ditemukan fenomena serupa dengan nilai LC50 yaitu mengalami penurunan nilai LC95 yang signifikan. Diketahui nilai LC95 pada 2 HSP sebesar 25,411% kemudian terus menurun hingga 5,804% di 16 HSP.

Berdasarkan hasil analisis regresi probit yang tercantum pada Tabel 2 didapatkan nilai LC50 pada 2 HSP yaitu sebesar 2,784%, lalu terus mengalami penurunan hingga 1,102% pada 16 HSP. Penurunan nilai LC50 tersebut diartikan bahwa toksisitas campuran minyak nimba dan minyak wijen terus meningkat dalam kurun waktu tersebut. Hal tersebut terjadi dikarenakan selama periode waktu tersebut kematian pada larva uji *S. frugiperda* terus meningkat. Pada nilai LC95 juga ditemukan peristiwa serupa dengan nilai LC50 yaitu terjadi penurunan nilai LC95 yang signifikan. Diketahui nilai LC95 pada 2 HSP sebesar 15,54% kemudian terus turun menjadi 2,416% pada 16 HSP.

Tabel 1. Parameter regresi probit toksisitas minyak nimba tunggal terhadap larva uji *S. frugiperda* berdasarkan hari setelah perlakuan (HSP)

HSP	a±SE	b±SE	LC50 (%)	SK95	LC95 (%)	SK95
2	-0,929±0,136	1,832±0,285	3,213	2,5±4,502	25,411	13,673±78,528
4	-0,851±0,137	2,335±0,302	2,313	1,897±2,879	11,71	7,851±29,954
6	-0,843±0,14	2,703±0,323	2,051	1,715±2,474	8,329	6,03±13,661
8	-0,843±0,141	2,851±0,334	1,975	1,662±2,362	7,456	5,515±11,764
10	-0,822±0,14	2,844±0,333	1,946	1,637±2,326	7,37	5,454±11,617
12	-0,731±0,136	2,867±0,334	1,799	1,513±2,143	6,743	5,034±10,458
14	-0,629±0,133	2,911±0,336	1,644	1,142±2,336	6,039	3,762±17,502
16	-0,534±0,128	2,853±0,33	1,539	0,961±2,376	5,804	3,378±25,047

Keterangan: a : Intersep garis regresi , b : Kemiringan garis regresi, SE : Standar error, LC : *Lethal concentration*, SK : Selang kepercayaan.

Tabel 2. Parameter regresi probit toksisitas campuran minyak nimba dan minyak wijen terhadap larva uji *S. frugiperda* berdasarkan hari setelah perlakuan (HSP)

HSP	a±SE	b±SE	LC50 (%)	SK95	LC95 (%)	SK95
2	-0,979±0,133	2,202±0,349	2,784	2,228±3,839	15,54	8,975±42,873
4	-0,965±0,137	2,8±0,372	2,211	1,864±2,718	8,55	5,944±15,518
6	-0,937±0,138	3,09±0,387	2,01	1,491±2,975	6,845	4,129±24,073
8	-0,859±0,134	3,073±0,382	1,903	1,629±2,265	6,527	4,814±10,53
10	-0,772±0,132	3,34±0,398	1,703	1,145±2,765	5,295	3,109±29,598
12	-0,538±0,125	3,562±0,411	1,416	1,069±1,881	4,101	2,792±9,474
14	-0,352±0,123	3,933±0,444	1,229	0,961±1,553	3,218	2,34±6,004
16	-0,204±0,128	4,826±0,556	1,102	0,835±1,44	2,416	1,757±5,07

Keterangan: a : Intersep garis regresi , b : Kemiringan garis regresi, SE : Standar error, LC : *Lethal concentration*, SK : Selang kepercayaan.

Sifat Campuran

Pada pengamatan mortalitas larva *S. frugiperda* akibat aplikasi minyak biji nimba, dan campuran minyak nimba dan minyak wijen pada berbagai konsentrasi, data diperoleh dan LC95 dihitung untuk setiap ekstrak. LC95 diperoleh dari analisis probit data mortalitas pada pengujian beberapa taraf konsentrasi, LC95 minyak biji nimba adalah 5,804 dan LC95 campuran minyak nimba dan minyak wijen adalah 2,416.

$$NS = \frac{5,804}{2,416} = 2,402$$

NS = Nisbah Sinergistik

Hasil dari perhitungan diatas adalah 2,402, dari hasil perhitungan diatas terbukti bahwa dan minyak wijen memiliki efek sinergistik. Menurut Tang dan Weathersbee (2008) Minyak wijen mengandung senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai bahan sinergis dalam pestisida untuk meningkatkan efektivitasnya. Sebagai bahan sinergis, minyak wijen dapat meningkatkan efisiensi pestisida dalam mengendalikan hama dengan mempengaruhi berbagai aspek biokimia dan fisiologi serangga. Minyak wijen mengandung sesamol, *sesamin*, dan *sesaminol* yang dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama secara biologis (Mukovoz dan Dankovtseva, 2022). Menurut Tak dan Isman (2017) Kombinasi antara

minyak wijen dengan minyak esensial tumbuhan dapat digunakan sebagai insektisida. Dosis yang tepat dapat mengubah fungsi normal sistem kehidupan serangga hama, sehingga mengurangi populasi hama.

Lama Perkembangan Larva

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa larva *S. frugiperda* mencapai stadia pupa paling cepat pada perlakuan kontrol minyak nimba tunggal dan campuran minyak nimba dan minyak wijen, yaitu 14,175 hari. Waktu terlama terjadi pada perlakuan minyak nimba tunggal 6%, yaitu 16,86 hari. Senyawa *azadirachtin* pada minyak biji nimba menghambat molting larva, memperlambat pertumbuhan dan perkembangan mereka (Kumar *et al.*, 2018). Senyawa *azadirachtin* mengganggu sistem hormon molting (*ekdisis*) serangga, seperti hormon *ekdisin* dan hormon *juvenil*, yang penting untuk perkembangan larva ke tahap berikutnya (Mordue (Luntz) *et al.*, 1998).

Pada konsentrasi terendah (0,5%), waktu perkembangan larva lebih lambat dibandingkan kontrol, dengan perbedaan 0,87 hari untuk minyak nimba tunggal dan 0,15 hari untuk campuran minyak nimba dan minyak wijen. Perbedaan waktu terbesar terjadi antara konsentrasi 0,5% dan 6% pada minyak nimba tunggal (1,81 hari) dan antara konsentrasi 0,5% dan 2,4% pada campuran minyak nimba dan minyak wijen (1,87 hari). Menurut Tang dan Weathersbee

(2008) senyawa *sesamin* menghambat sintesis protein esensial dalam larva, yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan normal. Hal ini

mengakibatkan larva tidak dapat tumbuh secara optimal, memperlambat perkembangan mereka menuju tahap berikutnya.

Tabel 3. Lama perkembangan larva *S. frugiperda* setelah diberikan perlakuan minyak nimba tunggal

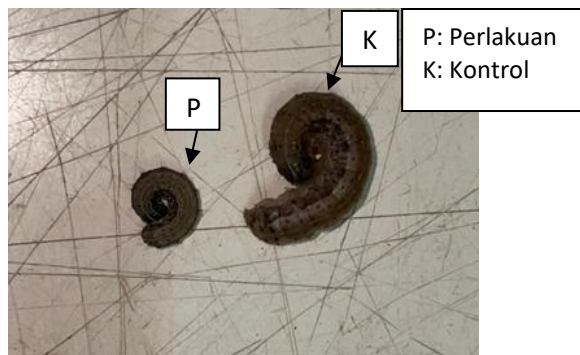
Perlakuan	$\bar{x} \pm SB$									
	Instar II-III	n	Instar II-IV	n	Instar II-V	n	Instar II-VI	n	Instar II-Pupa	n
Kontrol	2,15 ± 0,05	40	5,17 ± 0,15	40	8,2 ± 0,08	40	11,17 ± 0,09	40	14,17 ± 0,09	40
0,5%	2,22 ± 0,09	38	5,25 ± 0,09	38	8,15 ± 0,13	38	11,22 ± 0,13	38	15,05 ± 0,13	37
0,9%	2,32 ± 0,09	37	5,37 ± 0,9	34	9,3 ± 0,11	33	12,22 ± 0,17	33	16,05 ± 0,12	33
1,7%	2,37 ± 0,05	28	6,1 ± 0,08	22	9,22 ± 0,57	18	13,22 ± 0,09	12	16,4 ± 0,08	12
3,2%	2,37 ± 0,09	21	6,1 ± 0,14	14	10,17 ± 0,09	10	13,25 ± 0,13	8	16,32 ± 0,15	8
6%	2,37 ± 0,12	13	6,15 ± 0,12	8	10,16 ± 5,08	5	14,1 ± 7,05	3	16,86 ± 8,43	3

Keterangan: \bar{x} : Rata-rata bobot pupa, SB: Simpangan baku, n: Jumlah pupa yang diuji

Tabel 4. Lama perkembangan larva *S. frugiperda* setelah diberikan perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen

Perlakuan	$\bar{x} \pm SB$									
	Instar II-III	n	Instar II-IV	n	Instar II-V	n	Instar II-VI	n	Instar II-Pupa	n
Kontrol	2,10 ± 0,08	40	5,17 ± 0,09	40	8,15 ± 0,1	40	11,10 ± 0,08	40	14,17 ± 0,12	40
0,5%	2,22 ± 0,09	38	5,25 ± 0,05	38	8,15 ± 0,05	38	11,20 ± 0,08	38	14,32 ± 0,09	38
0,8%	2,25 ± 0,05	35	5,3 ± 0,08	35	9,15 ± 0,13	34	12,20 ± 0,14	32	15,12 ± 0,09	32
1,4%	2,27 ± 0,09	32	5,35 ± 0,05	30	9,22 ± 0,09	12	13,22 ± 0,17	8	16,10 ± 0,18	8
2,4%	2,35 ± 0,05	21	5,95 ± 0,057	14	10,10 ± 0,08	10	13,20 ± 0,21	4	16,20 ± 0,16	4
4%	2,37 ± 0,05	14	6,15 ± 3,55	4	10,20 ± 5,1	2	14,10 ± 7,05	1	0,00 ± 0,00	0

Keterangan: \bar{x} : Rata-rata bobot pupa, SB : Simpangan baku, n : Jumlah pupa yang diuji



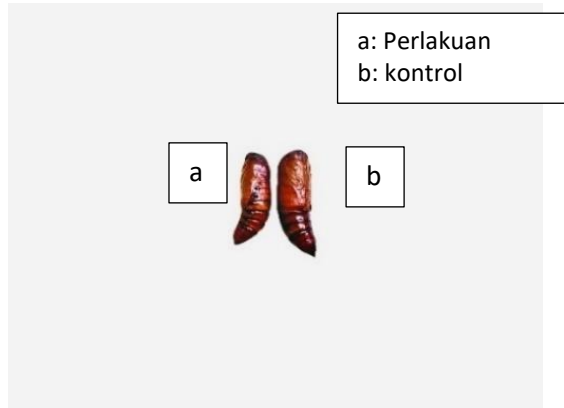
Gambar 4. Perbandingan larva yang diberi perlakuan dengan kontrol

Pada Gambar 4 dari segi ukuran larva, larva kontrol lebih besar dibandingkan dengan larva yang diberi perlakuan. Penurunan laju perkembangan instar larva uji secara signifikan terjadi saat perubahan dari instar 5 sampai instar 6 untuk perlakuan minyak nimba tunggal dan campuran minyak nimba dan minyak wijen. Hal ini bisa terjadi dikarenakan larva uji bisa beradaptasi dan toleran terhadap senyawa toksik yang dimiliki minyak nimba sehingga tidak mengalami penurunan laju pertumbuhan yang drastis dan mampu mencapai stadia pupa.

Bobot Pupa

Hasil pengamatan pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bobot pupa mengalami penurunan seiring dengan peningkatan konsentrasi yang digunakan. Hasil bobot pupa yang terendah terjadi pada konsentrasi 6% dengan selisih 120,2 mg untuk perlakuan minyak nimba

tunggal dan 2,4% dengan selisih 52,5 mg pada perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen. Ukuran pupa kontrol cenderung lebih besar di bandingkan dengan pupa yang di beri perlakuan, seperti pada Gambar 5.



Gambar 1. Pupa perlakuan dan kontrol



Gambar 6. Perbandingan larva yang diberi perlakuan dengan kontrol

Hasil dari pengamatan pada Tabel 5 dan Tabel 6 sebanding dengan Penelitian yang di lakukan Ginasti (2020), nilai bobot pupa yang didapatkan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya jumlah konsentrasi yang diberikan pada larva *C. pavonana* dengan perbandingan berat pupa yang terbentuk pada perlakuan ekstrak daun mimba sebesar $0,0152 \pm 0,0264$ g, sedangkan pada perlakuan kontrol sebesar $0,0521 \pm 0,0032$ g. Pemberian campuran ekstrak minyak wijen memiliki dampak positif karena jika di bandingkan dengan bobot pupa pada perlakuan minyak nimba tunggal dengan konsentrasi 3,2% dan perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen dengan

konsentrasi 2,4% memiliki selisih 35,5. Senyawa *azadirachtin* mengganggu perkembangan serangga, terutama pada tahap transisi dari larva ke pupa. Salah satu penyebab larva gagal menjadi pupa karena kutikula larva lemah/cacat, akibat kutikula yang lemah, tidak lengkap, atau cacat, menyebabkan kegagalan berkembang menjadi serangga dewasa (Pavela *et al*, 2004). Senyawa *Sesamin* pada minyak wijen berperan untuk menambahkan penetrasi senyawa pada minyak nimba dan absorpsi pada larva uji sehingga dapat membuat larva gagal menjadi pupa, contohnya bisa dilihat pada Gambar 6.

Tabel 5. Rata-rata bobot pupa *S. frugiperda* setelah perlakuan minyak nimba tunggal

Perlakuan	Bobot Pupa (mg) $\bar{x} \pm SB$	n
0%(kontrol)	224,7 \pm 8,1	40
0,5%	214,6 \pm 7,8	37
0,9%	205,1 \pm 7,7	33
1,7%	195,2 \pm 7,7	12
3,2%	192,8 \pm 21,6	8
6%	104,5 \pm 71,1	3

Keterangan: \bar{x} : Rata-rata bobot pupa, SB : Simpangan baku, n : Jumlah pupa yang diuji

Tabel 6. Rata-rata bobot pupa *S. frugiperda* setelah perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen

Perlakuan	Bobot Pupa (mg) $\bar{x} \pm SB$	n
0%(kontrol)	209,8 \pm 20,2	40
0,5%	187,9 \pm 11,4	38
0,8%	175,5 \pm 11,4	32
1,4%	171,1 \pm 9,2	8
2,4%	157,3 \pm 12,8	4
4%	0 \pm 0	0

Keterangan: \bar{x} : Rata-rata bobot pupa, SB : Simpangan baku, n : Jumlah pupa yang diuji

Konsumsi Pakan

Perlakuan minyak nimba tunggal konsentrasi 6% mendapatkan hasil konsumsi pakan terendah dengan selisih 31,34% dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang mendapatkan hasil konsumsi pakan yang tertinggi (Tabel 7), sedangkan perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen di konsentrasi 4% mendapatkan hasil pakan terendah dengan selisih 31,8% dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 8). Semua perlakuan yang ada pada Tabel 7 dan Tabel 8 berbeda nyata dengan perlakuan kontrol karena Seiring dengan meningkatnya konsentrasi perlakuan konsumsi pakan larva semakin menurun. Perlakuan selain kontrol pada kedua tabel di bawah menunjukan bahwa larva uji cenderung menjauhi pakan atau hanya memakan sedikit pakan yang diberikan, hal tersebut terbukti karna konsumsi pakan pada perlakuan kontrol lebih tinggi daripada dengan pakan yang di berikan perlakuan. Perlakuan minyak nimba tunggal (Tabel 7) dengan konsentrasi 3,2% menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 6%, maka dari segi keuntungan konsentrasi 3,2% lebih menguntungkan apabila akan di aplikasikan dilapangan daripada konsentrasi 6%, karena konsentrasi yang digunakan lebih rendah tetapi tingkat keefektifannya hampir sama.

Berdasarkan hasil pada Tabel 10, terlihat bahwa perlakuan campuran minyak biji nimba dan minyak wijen dengan konsentrasi 2,4% tidak menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan dengan konsentrasi 4% dalam hal efektivitas. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi biaya dan efisiensi, penggunaan konsentrasi 2,4% lebih menguntungkan. Konsentrasi yang lebih rendah berarti penggunaan bahan yang lebih sedikit, sehingga dapat mengurangi biaya tanpa mengurangi efektivitas secara signifikan. Selain itu, campuran minyak biji nimba dan minyak wijen terbukti lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan minyak biji nimba tunggal. Pada konsentrasi 2,4% dan 4%, campuran ini mampu menurunkan konsumsi rata-rata pakan secara lebih signifikan dibandingkan dengan penggunaan minyak biji nimba tunggal, meskipun konsentrasi minyak biji nimba tunggal lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa kombinasi minyak biji nimba dan minyak wijen tidak hanya meningkatkan efektivitas dalam mengendalikan hama, tetapi juga dapat mengurangi penggunaan bahan secara keseluruhan. Efektivitas campuran ini mungkin disebabkan oleh sinergi antara senyawa aktif dalam minyak biji nimba dan minyak wijen, yang dapat bekerja bersama untuk meningkatkan aksi pestisida dan mengurangi daya tarik pakan bagi hama.

Tabel 7. Rata-rata konsumsi pakan *S. frugiperda* setelah diberikan perlakuan minyak nimba tunggal pada 2 hari setelah perlakuan (HSP)

Perlakuan	Konsumsi Pakan Rata-rata (\pm SB) (%)	n
0%(kontrol)	45,07 \pm 9,67 a	40
0,5%	29,69 \pm 3,29 b	40
0,9%	22,63 \pm 2,95 bc	40
1,7%	22,63 \pm 2,87 bc	40
3,2%	17,61 \pm 2,31 cd	40
6%	13,73 \pm 2,48 d	40

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%, \bar{x} : Hasil nilai rata – rata, SB: Simpangan baku, n: Jumlah larva uji

Tabel 8 Rata-rata konsumsi pakan *S. frugiperda* setelah diberikan perlakuan campuran minyak nimba dan minyak wijen pada 2 hari setelah perlakuan (HSP)

Perlakuan	Konsumsi Pakan Rata-rata (\pm SB) (%)	n
0%(kontrol)	44,75 \pm 9,39 a	40
0,5%	30,52 \pm 1,78 b	40
0,8%	24,15 \pm 2,36 bc	40
1,4%	23,22 \pm 2,38 c	40
2,4%	14,09 \pm 2,52 d	40
4%	12,95 \pm 4,82 d	40

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%, \bar{x} : Hasil nilai rata – rata, SB : Simpangan baku, n : Jumlah larva uji.

Senyawa yang berperan dalam menghambat konsumsi pada larva uji adalah senyawa *tanin*, *salanin*, dan *malentriol* dalam ekstrak nimba berperan menghambat konsumsi larva. *Tanin* bertindak sebagai *antifeedant* dengan mengganggu penyerapan protein dalam sistem pencernaan serangga, senyawa tersebut dapat mengganggu serangga untuk mencerna makan dengan cara mengikat protein pada sistem pencernaan

sehingga proses penyerapan protein terganggu. (Javindra *et al.*, 2016). *Salanin* menurunkan nafsu makan serangga, mengurangi kerusakan pada tanaman meskipun serangga belum mati. *Malentriol* bertindak sebagai *repellent*, membuat serangga enggan mendekati tanaman yang sudah diolesi ekstrak nimba. Minyak wijen menghambat konsumsi pakan larva karena kandungan *sesamolin* dan *lignan* yang

meningkatkan efektivitas ekstrak nimba. Kedua senyawa ini menghambat aktivitas enzim pencernaan serangga (Amini *et al.*, 2023). Menurut Lee dan Lee (2004) minyak wijen dapat mengganggu mekanisme rasa larva, membuat makanan terasa kurang enak atau lebih pahit. Hal ini dapat menyebabkan larva untuk berhenti makan atau mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

1. Minyak biji nimba bersifat toksik terhadap larva *S.frugiperda* dengan nilai LC_{50} 1,539 dan LC_{95} 5,804. Campuran minyak biji nimba dan minyak wijen bersifat toksik terhadap larva *S.frugiperda* dengan nilai LC_{50} 1,102 dan LC_{95} 2,416 pada 16 HSP. Campuran minyak biji nimba dan minyak wijen lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan minyak biji nimba tunggal karena penggunaan konsentrasi yang lebih rendah menunjukkan lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan minyak biji nimba tunggal.
2. Minyak wijen dapat bersinergis dengan minyak biji nimba, hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengamatan sifat campuran, nilai Nisbah Sinergistiknya 2,402. Yang berarti bahwa campuran minyak tersebut lebih toksik 2,4 kali dari minyak mimba tunggalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot WS, 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. Journal Economic Entomology, 18, pp.265-267.
- Amini M, Golmakani, MT, Abbasi A, & Nader M. (2023). Effects of sesame dehulling on physicochemical and sensorial properties of its oil. Food Science and Nutrition, 11(10), 6596–6603.
- Bate M. (2019). Pengaruh Beberapa Jenis Pestisida Nabati Terhadap Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Pada Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L) Di Lapangan. Agrica, 12(1), 71–80.
- Bhattacharya S, & Mazumdar D. (2020). Synergistic action of sesame oil on different insecticides against the American bollworm, *Helicoverpa armigera*. Journal of Pest Science, 93(2), 789-798.
- Britannica T. Editors of Encyclopaedia (2023). sesame. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/plant/sesame-plant>
- Chaudhary S, Kanwar RK, Sehgal A, Cahill DM, Barrow CJ, Sehgal R & Kanwar JR. (2017). *Azadirachta indica* Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. Front. Plant Sci. 8:610.
- Cloyd RA. (2011). Pesticide mixtures in *M. Stoycheva* (Pesticides, pp. 70–75). Tech Europe University Campus Step Rislavka Krautzeka.
- Direktorat Jendral Bina Sarana Pertanian Departemen Pertanian (2003). Pedoman Pengujian Pestisida Berbahan Aktif Majemuk.
- Dono D, Hidayat Y, Suganda T, Hidayat S, & Widayani, N. S. (2020). The toxicity of neem (*Azadirachta indica*), citronella (*Cymbopogon nardus*), castor (*Ricinus communis*), and clove (*Syzygium aromaticum*) oil against *Spodoptera frugiperda*. CROPSAVER - Journal of Plant Protection, 3(1), 22.
- Dono D, Hidayat Y, Suganda T, Hidayat S, & Widayani NS. (2020). The toxicity of neem (*Azadirachta indica*), citronella (*Cymbopogon nardus*), castor (*Ricinus communis*), and clove (*Syzygium aromaticum*) oil against *Spodoptera frugiperda*. CROPSAVER - Journal of Plant Protection, 3(1), 22.
- FAO (Food and Agriculture Organization) and CABI. (2019). Community-Based Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Monitoring, Early Warning and Management. Training of Trainers Manual, First Edition. 112 pp.
- Finney DJ. (1971). Probit analysis (3rd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Firmansyah E, Dadang, & Anwar R. (2018). Toksisitas Ekstrak *Tithonia diversifolia* Terhadap Larva *Plutella xylostella* di Laboratorium. Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences, 2(1), 55–60.
- Fissabililah RA, & Rustam R. (2020). Uji beberapa konsentrasi ekstrak tepung daun sirih hutan (*Piper aduncum* L.) terhadap hama tanaman jagung (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) di laboratorium. Jurnal Agroekoteknologi, 12(2), 138.
- Ginasti UD, Dono D, & Sunarto T. (2020). The Effect of Neem Seed Oil (*Azadirachta indica*) and Clove Leaf Oil (*Syzygium aromaticum*) Mixture on Cabbage Head Caterpillars (*Crociodolomia pavonana*). CROPSAVER - Journal of Plant Protection, 3(2), 49.

- Hardiani F, Dono D, & Nasahi C. (2019). Effect of the Initial Temperature of Extraction of Neem Cake (*azadirachta indica* A. JUSS) on its Toxicity on *Crociodolomia pavonana* (F.) Larvae. CROPSAVER-Journal of Plant Protection, 2(1), 22-29.
- Indiati SW. & Marwoto. (2008). Potensi ekstrak biji nimba sebagai insektisida nabati. Buletin Palawija, 0(15), 9–14.
- Jiang J, Zhang J, Lu C, Yang D, Li Y, & Li W. (2019). Synergistic insecticidal effects and mechanisms of *pyrethrin* and *sesamolin* on *Spodoptera exigua* larvae. Pesticide Biochemistry and Physiology, 160, 1-7.
- Jones CM, & Sial AA. (2015). The role of synergists in enhancing insecticide efficacy and resistance management: A review. Pest Management Science, 71(10), 1405-1417.
- Kim JH, Lee CH, & Song CE. (2016). Antioxidant role of BHT in stabilizing *pyrethroid* insecticides: Applications in agricultural pest management. Journal of Pesticide Science, 41(4), 189-195.
- Lee SE, & Lee HS. (2004). Insecticidal properties of *sesamolin* from sesame seeds against three agricultural pests. Entomologia Experimentalis et Applicata, 113(3), 225-230.
- Maharani Y, Dewi VK, Puspasari LT, Rizkie L, Hidayat Y, & Dono D. (2019). Cases of fall army worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (*Lepidoptera: Noctuidae*) attack on maize in bandung, garut and sumedang district, west java. CROPSAVER - Journal of Plant Protection, 2(1), 38.
- Maharani Y, Hidayat S, & Ismail A. (2021). Pengenalan hama baru jagung (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) dan strategi pengendaliannya di kelompok tani desa ganjar sabar. Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(2), 211.
- Meng X, Yu H, Zhang Y, Zhao J, Gao X, & Liu J. (2018). Sesamolin protects against *lipopolysaccharide* induced inflammation and oxidative stress in RAW 264.7 macrophages by inhibiting the NF-κB signaling pathway. Journal of Functional Foods, 48, 576-585.
- Mordue (Luntz) AJ, Simmonds MSJ, Ley SV, Blaney WM, Mordue W, Nasiruddin M & Nisbet AJ. 1998. Actions of azadirachtin, a plant allelochemical, against insects. Pestic. Sci. 54: 277- 284.
- Mukovoz P, & Dankovtseva E. (2022). Sesame oil as an effective, environmentally friendly synergist for insecticidal compositions based on *neonicotinoids*, *pyrethroids* and *organophosphorus* compounds. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1096(1), 1–4.
- Rwomushana I. (2022) *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm), CABI Compendium. CABI International.
- Pamungkas OS. (2016). Bahaya paparan pestisida terhadap kesehatan manusia. Bioedukasi, 14(1), 27–31.
- Pavela R, Bárnét M, & Kocourek F. (2004). Effect of *azadirachtin* applied systemically through roots of plants on the mortality, development and fecundity of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*). Phytoparasitica. 32. 286-294.
- Punjungsari TN. (2022). Median lethal concentration ekstrak daun nimba *azadirachta indica* pada ulat grayak (*spodoptera litura* F.) sebagai indikator bioinsektisida. Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia, 7(2).
- Samsudin. 2012. Biosintesa dan cara kerja *azadirachtin* sebagai bahan aktif insektisida nabati. Prosiding Semnas Pesnab IV. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. Jakarta
- Sari KK. (2020). Viral hama invasif ulat grayak *Spodoptera Frugiperda*ancam panen jagung di kab. tanah laut kalsel. Proteksi Tanaman Tropika, 3(03), 244–247.
- Subiyakto. (2009). Ekstrak Biji Mimba Sebagai Pestisida Nabati: Potensi, Kendala, dan Strategi Pengembangannya. Perspektif, 8(2), 108–116.
- Supriadi. (2013). Optimasi pemanfaatan beragam jenis pestisida untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Jurnal Litbang Pertanian, 32(1), 1–9.
- Tang YQ, & Weathersbee AA. (2008). Effect of sesame oil and selected surfactants on the toxicity of two microbial control agents against the glassy-winged sharpshooter (*Homalodisca vitripennis*). Journal of Economic Entomology, 101(4), 1258-1262.
- Widayani N, sri, Dono D, Hidayat Y, Ishmayana S, & Syahputra E. (2023). Pengaruh Campuran *Calophyllum soulattri*, *Piper aduncum*, serta *Sesamum indicum* terhadap Kematian dan Antimakan *Spodoptera frugiperda*. 111–116.
- Wu H, Zhao X, Liu D, Chen X, & Huang Q. (2018). Synergistic effect of selenium-enriched *oligosaccharides* and *pyrethroids* against diamondback moth (*Lepidoptera: Plutellidae*).

- Journal of Economic Entomology, 111(1), 193-198.
- Xu X, Zhang X, Song C, Zhou H, & Wang Z. (2020). Sesamolin enhances the efficacy of rotenone against *Frankliniella occidentalis* by increasing cuticular penetration and ingestion activity. *Crop Protection*, 131, 105128.
- Yu Z, Xu X, & Yu X. (2015). Synergistic effect of *sesamin* with insecticides against *Spodoptera exigua* (*Lepidoptera: Noctuidae*) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 1192-1197.
- Zhang J, Zhang X, Zhou L, & Gao Y. (2015). Effects of pesticide formulations on the uptake and translocation of in plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 117, 41-47. z
- Zhang Y, Yu H, Hu Y, Li W, Li Y, Liu J, & Meng X. (2019). Sesamolin attenuates lipopolysaccharide-induced inflammation and oxidative stress via the p38/NF- κ B/NLRP3 signaling pathway in RAW264.7 macrophages. *Food dan Function*, 10(9), 5976-5985.
- Zheng Y, Sun Y, Yang X, Liu R, Zhang H, & Hzhhu B. (2015). Effect of surfactants and vegetable oils on foliar uptake of pesticides: A review. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 81-89.
- Zhu F, & Feng J. (2013). Resistance to insecticides in insect pests and strategies for management. *Insect Science*, 20(4), 528-536.