
Uji Keamanan Hayati Bioinsektisida Nabati Ekstrak Daun Mahoni dan Sirsak terhadap *Trichogramma SP.* dan *Menochilus Sexmaculatus*

Tri Yaninta Ginting^{1*}, Kabul Warsito², Winda Sari Br Siregar³,
Bagas Sriadi Syahputra⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Jl. Jenderal Gatot Subroto km. 4.5, Simpang Tanjung, Medan Sunggal, Medan, Sumatera Utara.

*Corresponding author, email: triyanintaginting@dosen.pancabudi.ac.id

ABSTRACT

*This study aimed to evaluate the biosecurity of botanical insecticides derived from mahogany leaf and soursop leaf extracts against natural enemies, the parasitoid *Trichogramma SP.* and the predator *Menochilus sexmaculatus*. The research employed a factorial completely randomized design with two factors: botanical insecticides at seven levels (P0: control, P1: mahogany leaf extract 20%, P2: soursop leaf extract 20%, P3: mahogany leaf extract 50%, P4: soursop leaf extract 50%, P5: mahogany leaf extract 10% + soursop leaf extract 10%, P6: mahogany leaf extract 25% + soursop leaf extract 25%) and natural enemies at two levels (parasitoid *Trichogramma sp.* and predator *Menochilus sexmaculatus*). The experiment ran for 4 days with observations made every 24 hours, totaling 28 experimental units with 4 replications. The results indicated that the highest biosecurity level against both *Trichogramma sp.* and *Menochilus sexmaculatus* was observed in treatment P1 (mahogany leaf extract 20%), with a mortality rate reaching 90%, while treatment P6 (mahogany leaf extract 25% + soursop leaf extract 25%) exhibited the lowest biosecurity level with a parasitoid mortality rate of 55%. Statistical analysis revealed significant differences between treatments P1 and P6. In conclusion, treatment P1 yielded significantly lower survival rates of the natural enemies *Trichogramma sp.* and *Menochilus sexmaculatus* compared to treatment P6 in terms of biosecurity testing. This study provides new insights into the development of botanical insecticides for effective and environmentally friendly pest management in agriculture.*

Keywords: bioinsecticide, botanical, natural enemies, survival rate

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menguji keamanan hayati bioinsektisida nabati yang berasal dari ekstrak daun mahoni dan daun sirsak terhadap musuh alami parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu bioinsektisida nabati dalam 7 taraf (P0: kontrol, P1: ekstrak daun mahoni 20%, P2 : ekstrak daun sirsak 20%, P3: ekstrak daun mahoni 50%, P4 : ekstrak daun sirsak 50%, P5 : ekstrak daun mahoni 10% + sirsak 10%, P6 : ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%) dan musuh alami dalam 2 taraf (parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus sexmaculatus*). Percobaan dilakukan selama 4 hari dengan pengamatan setiap 24 jam, dengan total 28 unit percobaan dan 4 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keamanan hayati tertinggi terhadap parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus* terdapat pada perlakuan P1 (ekstrak daun*

mahoni 20%), dengan tingkat kematian mencapai 90%, sedangkan perlakuan P6 (ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%) menunjukkan tingkat keamanan hayati terendah dengan tingkat kematian parasitoid sebesar 55%. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan P6 memiliki perbedaan nyata secara signifikan. Kesimpulan yang diperoleh yaitu perlakuan P1 memberikan hasil tingkat kelangsungan hidup musuh alami parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus* yang rendah terhadap jika dibandingkan dengan perlakuan P6 dalam pengujian keamanan hayati. Penelitian ini memberikan wawasan baru dalam pengembangan bioinsektisida nabati untuk pengendalian hayati dalam pertanian secara efektif dan ramah lingkungan.

Kata kunci: bioinsektisida, kelangsungan hidup, musuh alami, nabati

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan praktik pertanian yang berkelanjutan telah mendorong para peneliti untuk menjelajahi metode alternatif dalam pengendalian hama yang efektif dan ramah lingkungan. Di antara metode-metode tersebut, penggunaan bioinsektisida nabati telah mendapat perhatian besar karena potensinya sebagai agen pengendalian hayati dengan efek minim terhadap organisme non-sasaran dan lingkungan (Lubis *et al.* 2022). Dalam konteks ini, penelitian ini berfokus pada evaluasi keamanan hayati bioinsektisida nabati yang berasal dari ekstrak daun mahoni (*Swietenia Mahagoni*) (Rajashekar *et al.* 2015, Johnson *et al.* 2020) dan daun sirsak (*Annona Muricata*) terhadap musuh alami, khususnya parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus*.

Pertumbuhan pesat aktivitas pertanian telah mengakibatkan penggunaan pestisida sintetis yang luas untuk mengendalikan hama. Meskipun bahan kimia ini telah terbukti efektif dalam pengelolaan hama, mereka juga menimbulkan risiko serius terhadap kesehatan manusia, organisme yang bermanfaat, dan ekosistem secara keseluruhan (Luta 2022). Kekhawatiran atas residu pestisida dalam makanan, perkembangan resistensi pestisida pada hama, dan dampak negatifnya terhadap organisme non-sasaran telah memacu pencarian alternatif yang lebih aman (Hakim dan Anandari 2019). Bioinsektisida nabati, yang berasal dari sumber-sumber tumbuhan, menawarkan alternatif yang menjanjikan yang mengatasi kekhawatiran tersebut (Sembiring dan Sebayang 2019).

Mahoni dan Sirsak adalah dua spesies tumbuhan yang dikenal karena sifat insektisidanya (Soares *et al.* 2017, Smith *et al.* 2019, Jones *et al.* 2023). Mahoni, pohon keras tropis asli Amerika, telah digunakan secara tradisional untuk berbagai tujuan obat-obatan dan memiliki senyawa bioaktif dengan sifat insektisida (Koneri dan Pontororing 2016, Suprapti *et al.* 2020, Johnson *et al.* 2020, Jones *et al.* 2023). Sementara itu, sirsak, juga asli daerah tropis, memiliki nilai baik secara medis maupun sebagai pestisida, terutama kemampuannya untuk mengusir serangga dan hama (Jones *et al.* 2018). Ekstrak dari kedua daun mahoni dan daun sirsak telah menunjukkan potensi sebagai insektisida yang efektif terhadap berbagai hama pertanian.

Parasitoid dan predator memainkan peran penting dalam pengendalian hama alami dengan mengatur populasi hama di agroekosistem (Isman 2019). *Trichogramma sp.*, genus dari lebah parasit kecil, dikenal karena kemampuannya untuk memparasit telur-telur berbagai hama serangga, menjadikannya agen pengendalian hayati penting dalam program pengelolaan hama terpadu (PHT) (Isman 2020). *Menochilus Sexmaculatus*, yang dikenal sebagai kumbang kumbang enam bintik, adalah predator yang rakus terhadap kutu daun dan hama-hama berbadan lunak lainnya, memberikan layanan pengendalian hama yang berharga bagi petani (Isman 2017).

Namun, dampak potensial bioinsektisida nabati terhadap musuh alami yang bermanfaat ini masih kurang dipahami. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengevaluasi keamanan hayati bioinsektisida nabati untuk memastikan bahwa mereka tidak membahayakan

organisme yang bermanfaat sambil secara efektif mengendalikan hama (Isman 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menilai keamanan hayati ekstrak daun mahoni dan daun sirsak terhadap *Trichogramma sp.* dan *Menochilus Sexmaculatus*, memberikan wawasan berharga dalam pengembangan strategi pengelolaan hama yang lebih aman dan berkelanjutan dalam pertanian.

Penggunaan bioinsektisida nabati sebagai alternatif pengendalian hama telah menarik minat luas dalam beberapa tahun terakhir (Sitepu dan Refnizuida 2023). Selain menjadi pilihan yang lebih aman untuk digunakan dalam pertanian organik, bioinsektisida nabati juga menawarkan potensi untuk mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan residu pestisida pada tanaman dan hasil pertanian (Kaufman et al. 2018, Isman 2019). Keuntungan tambahan dari penggunaan bioinsektisida nabati adalah kemampuannya untuk memperkuat ketahanan tanaman terhadap serangan hama jangka panjang dengan merangsang respons pertahanan alami tanaman (Mauseth 2018, Damanik et al. 2022).

Selain itu, bioinsektisida nabati juga dapat meningkatkan keberlanjutan ekosistem pertanian dengan mempromosikan keberagaman hayati (Moekasan 2012, Hadiyanti et al. 2021). Dengan tidak merusak lingkungan dan organisme yang bermanfaat, bioinsektisida nabati memungkinkan populasi musuh alami seperti parasitoid dan predator untuk bertahan dan berkontribusi dalam pengendalian hama yang berkelanjutan (Nenaah 2013). Dengan demikian, penelitian tentang keamanan hayati bioinsektisida nabati terhadap musuh alami seperti *Trichogramma sp.* dan *Menochilus Sexmaculatus* menjadi penting untuk memahami dampak potensialnya dalam ekosistem pertanian.

Parasitoid *Trichogramma sp.* adalah salah satu musuh alami yang efektif dalam pengendalian hama tanaman pertanian, terutama dalam pengendalian hama serangga yang menyerang berbagai tanaman budidaya (Després et al. 2007). Kemampuannya untuk memparasit telur-telur hama membuatnya menjadi salah satu agen pengendalian hayati yang penting dalam program pengendalian hama terpadu. Namun, keberhasilan penggunaan *Trichogramma sp.* dalam pengendalian hama dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, termasuk paparan terhadap bahan kimia beracun seperti pestisida sintesis.

Predator *Menochilus Sexmaculatus*, atau kumbang enam bintik, juga merupakan musuh alami yang efektif dalam mengendalikan hama tanaman (Amrullah 2019). Kebiasaan makan serangga lunak seperti kutu daun menjadikannya sebagai agen pengendalian hama yang bernilai, terutama dalam agroekosistem yang berkelanjutan. Namun, seperti halnya parasitoid *Trichogramma sp.*, predator ini juga rentan terhadap dampak negatif dari pestisida kimia yang digunakan dalam pertanian konvensional.

Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi keamanan hayati bioinsektisida nabati terhadap musuh alami seperti parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus*. Dengan memahami dampak potensial dari bioinsektisida nabati terhadap populasi musuh alami, kita dapat mengembangkan strategi pengendalian hama yang lebih holistik dan berkelanjutan dalam pertanian. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya untuk memperkuat aspek pertanian yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Pembangunan Panca Budi Medan pada bulan Oktober-Desember 2023. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Non-Faktorial dengan 4 ulangan dan 7 konsentrasi taraf sebagai berikut: P0: kontrol, P1: ekstrak daun mahoni 20%, P2 : ekstrak daun sirsak 20%, P3 : ekstrak daun mahoni 50%, P4 : ekstrak daun sirsak 50%, P5 : ekstrak daun mahoni 10% + sirsak 10% dan P6 : ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%. Total unit percobaan ada 28 unit. Setiap unit percobaan terdapat 10 imago *Tricograma sp.* dan *Menochilus Sexmaculatus* yang dimasukkan pada masing-masing wadah percobaan.

Bahan yang digunakan adalah ekstrak daun mahoni dan ekstrak daun sirsak, imago *Trichogramma sp.*, imago kumbang *Menochilus Sexmaculatus*, telur *Crociodolomia Pavonana*, kertas lebel, madu 10%, aquades. Alat yang digunakan adalah kertas lebel, selotip, kertas karton, kertas saring, kain kasa, kapas, cup plastik, gunting, oven, gelas beker, erlenmeyer, tabung reaksi, saringan, pengaduk, blender, botol kaca hitam, botol plastik, karet gelang, spidol, kamera dan alat tulis.

Pembuatan Ekstrak Bioinsektisida Nabati

Daun sirsak dan mahoni dibersihkan dengan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan segala kotoran yang menempel. Setelah itu, daun dipotong menjadi bagian kecil dan dikeringkan selama sekitar 14 hari. Kemudian, daun-daun tersebut dimasukkan ke dalam blender dan diayak untuk mendapatkan serbuk halus. Selanjutnya, serbuk daun tersebut dimaserasi dengan menggunakan pelarut berupa air murni dengan perbandingan 1:10 selama 3 hari dengan sesekali melakukan pengadukan. Setelah proses maserasi selesai dan rendemen diperoleh, dilakukan penyaringan untuk memisahkan hasil rendemen dari sisa bahan. Hasil rendemen yang telah disaring kemudian disimpan dalam erlenmeyer dan ditutup secara rapat untuk menjaga kestabilannya. Sementara itu, serbuk daun yang tersisa dari proses maserasi sebelumnya kembali dimasukkan ke dalam wadah untuk dilakukan proses remaserasi hingga larutan yang dihasilkan menjadi bening. Setelah proses remaserasi selesai, hasil maserasi yang terkumpul diaduk secara merata dan dilakukan evaporasi menggunakan oven dengan suhu sekitar 50° C. Proses evaporasi bertujuan untuk menghilangkan pelarut yang tersisa dari larutan, sehingga meninggalkan bahan ekstrak yang diinginkan dalam bentuk konsentrat.

Uji Skrining Fitokimia

Pengujian skrining metabolit sekunder terhadap ekstrak bioinsektisida nabati dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya. Proses ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Universitas Sumatera Utara dengan melakukan analisis fitokimia terhadap ekstrak bioinsektisida nabati yang telah disiapkan sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis senyawa metabolit sekunder yang ada dalam ekstrak tersebut.

Perbanyak Musuh Alami (Predator dan Parasitoid)

Imago dari spesies *Menochilus Sexmaculatus* dikumpulkan dari lapangan dan kemudian diperbanyak dalam lingkungan laboratorium. Sebanyak 10 pasang imago dimasukkan ke dalam wadah pemeliharaan, di mana mereka diberi pakan berupa kutu putih yang diganti setiap hari. Setelah melakukan proses perkawinan, telur-telur dari *Menochilus Sexmaculatus* dipindahkan ke wadah terpisah yang tertutup menggunakan kain kasa. Tahap telur berlangsung selama 2-4 hari, kemudian dilanjutkan dengan fase larva yang membutuhkan waktu 6-10 hari untuk tumbuh dan berkembang. Larva diberi pakan berupa kutu putih dan dipelihara dengan cermat. Setelah mencapai stadium pupa selama 2-4 hari, imago baru dari *Menochilus Sexmaculatus* muncul dengan warna tubuh yang khas, yaitu orange dan merah pucat, dan siap untuk digunakan dalam uji coba selanjutnya.

Telur dari parasitoid *Trichogramma sp.* berasal dari Institut Pertanian Bogor (IPB) yang diperbanyak menggunakan telur *Crociodolomia Pavonana* dan dikumpulkan dalam kertas pias. Telur-telur yang telah terparasit ditempatkan dalam tabung reaksi. Setelah periode inkubasi selama 1 minggu, parasitoid *Trichogramma sp.* muncul dan kemudian dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berbeda. Dalam setiap perlakuan uji, 10 ekor parasitoid *Trichogramma sp.* dipindahkan untuk digunakan dalam pengujian selanjutnya.

Pengaplikasian pada Musuh Alami

Pada pengujian terhadap musuh alami (parasitoid dan predator), digunakan ekstrak bioinsektisida nabati yang telah menghasilkan hasil uji mortalitas terbaik sebelumnya pada

larva *S. Exigua*. Pengaplikasian ekstrak dilakukan menggunakan metode residu, yaitu dengan menyemprotkan dan mengoleskan ekstrak bioinsektisida nabati pada tabung reaksi. Proses ini diulang sebanyak 4 kali untuk mendapatkan hasil yang konsisten. Setelah itu, tabung reaksi dikeringkan dengan paparan udara selama kurang lebih 15 menit. Selanjutnya, musuh alami dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diaplikasikan ekstrak bioinsektisida nabati. Observasi dilakukan terhadap tingkat mortalitas dan kelangsungan hidup musuh alami selama periode pengamatan selama 24 jam. Data yang diperoleh dari pengamatan ini akan memberikan informasi tentang efek ekstrak bioinsektisida nabati terhadap musuh alami tersebut, serta potensi penggunaannya dalam pengendalian hama secara alami.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kemanan hayati tertinggi pada musuh alami parasitoid setelah hari ke-4 terdapat pada perlakuan P1 yaitu 90% dan terendah terdapat pada perlakuan P6 yaitu sebesar 55%. Berdasarkan Tabel 4 dapat terlihat bahwa perlakuan P1, P2, P3, P4 dan P6 adalah sangat berbeda nyata, namun perlakuan P4 dengan P5 tidak berbeda nyata. Tabel 1 menjelaskan bahwa perlakuan P6 (Ekstrak Daun Mahoni 25% + Sirsak 25%) memberikan hasil tingkat kematian paling tinggi bagi parasitoid *Trichogramma sp.* Hasil tersebut menjelaskan bahwa perlakuan P6 (Ekstrak Daun Mahoni 25% + Sirsak 25%) memberikan pengaruh yang berbeda nyata sangat signifikan jika dibandingkan dengan perlakuan P1 (ekstrak daun mahoni 20%).

Tabel 1. Rata-rata kelangsungan hidup parasitoid *Trichogramma SP.*

Perlakuan	Tingkat kelangsungan hidup parasitoid <i>Trichogramma sp.</i>			
	24 JSP	48 JSP	72 JSP	96 JSP
P0	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
P1	90.00b	90.00b	90.00b	90.00b
P2	90.00c	80.00c	80.00c	80.00c
P3	80.00d	75.00d	75.00d	75.00d
P4	70.00ef	67.50ef	67.50ef	67.50ef
P5	70.00f	65.00f	65.00f	65.00f
P6	65.00g	55.00g	55.00g	55.00g

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang berbeda menandakan berbeda nyata pada uji Mann-Whitney dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$, Jam Setelah Pengamatan (JSP)

Uji kemanan hayati tertinggi pada musuh alami predator setelah hari ke-4 terdapat pada perlakuan P1 (90 %) dan terendah terdapat pada perlakuan P6 (55%). Berdasarkan Tabel 2 dapat terlihat bahwa perlakuan P1, P2, P3, P4 dan P6 adalah sangat berbeda nyata, namun perlakuan P4 dengan P5 tidak berbeda nyata. Tabel 2 menjelaskan bahwa perlakuan P6 (ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%) memberikan hasil tingkat kematian paling tinggi bagi predator *Menochilus Sexmaculatus*. Hasil tersebut menjelaskan bahwa perlakuan P6 (ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%) memberikan pengaruh yang berbeda nyata sangat signifikan jika dibandingkan dengan perlakuan P1 (ekstrak daun mahoni 20%).

Tabel 2. Rata-rata kelangsungan hidup predator *Menochilus Sexmaculatus*

Perlakuan	Tingkat kelangsungan hidup predator <i>Menochilus Sexmaculatus</i>			
	24 JSP	48 JSP	72 JSP	96 JSP
P0	100.00a	100.00abc	100.00bc	100.00c
P1	100.00d	100.00def	90.00ef	90.00f
P2	100.00gj	90.00ghijkl	80.00hikl	80.00il
P3	90.00j	87.50jkl	85.00kl	85.00l

P4	80.00mp	77.50mnopqr	70.00noqr	70.00or
P5	80.00p	70.00pqr	70.00qr	65.00r
P6	77.50s	65.00stu	60.00tu	55.00u

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang berbeda menandakan berbeda nyata pada uji Mann-Whitney dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$, Jam Setelah Pengamatan (JSP)

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh hasil tingkat ketahanan hidup parasitoid dan predator sebesar 90% pada perlakuan P1 dan terendah sebesar 55% pada perlakuan P6. Hal ini disebabkan karena tingginya dosis dari hasil kombinasi perlakuan tersebut sehingga serangga parasitoid yang berukuran kecil tidak tahan terhadap paparan pestisida nabati tersebut. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan memiliki peran yang signifikan dalam memengaruhi perilaku dan kelangsungan hidup serangga musuh alami. Senyawa-senyawa kimia seperti alkaloid, flavonoid, dan terpenoid yang terdapat dalam tumbuhan telah terbukti memengaruhi aktivitas makan, reproduksi, dan navigasi serangga musuh alami. Penelitian telah menunjukkan bahwa beberapa senyawa metabolit sekunder dapat bertindak sebagai repelan, mengurangi minat serangga musuh alami dalam mencari mangsa atau bertahan hidup di sekitar tanaman yang menghasilkan senyawa tersebut (Isman, 2006). Selain itu, senyawa-senyawa ini juga dapat memiliki efek toksik langsung pada serangga musuh alami, mengurangi kelangsungan hidup dan efektivitas mereka dalam mengendalikan populasi hama (Isman, 2020). Namun, sebagian besar penelitian juga menunjukkan bahwa beberapa spesies serangga musuh alami telah mengembangkan toleransi atau resistensi terhadap senyawa-senyawa ini melalui evolusi mekanisme detoxifikasi atau adaptasi perilaku (Després et al., 2007). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam tentang interaksi antara metabolit sekunder tumbuhan dan serangga musuh alami menjadi kunci dalam pengembangan strategi pengendalian hama yang berkelanjutan dan efektif.

KESIMPULAN

Ekstrak daun mahoni dan sirsak dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioinsektisida nabati yang efektif berdasarkan hasil uji keamanan hayati terhadap musuh alami parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus*. Perlakuan P1 (ekstrak daun mahoni 20%) dan P2 (ekstrak daun sirsak 20%) menghasilkan tingkat keamanan hayati yang terbaik bagi kelangsungan hidup musuh alami parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus* setelah percobaan hari ke-4 karena masih mempertahankan tingkat kelangsungan hidup masing-masing musuh alami tersebut sebesar 90%. Perlakuan P3 (ekstrak daun mahoni 50%) menghasilkan tingkat keamanan hayati yang masih dapat ditoleransi bagi musuh alami parasitoid *Trichogramma SP.* setelah percobaan hari ke-4 karena masih dapat mempertahankan tingkat kelangsungan hidupnya sebesar 75%, sama halnya pada perlakuan P4 (ekstrak daun sirsak 50%) masih dapat ditoleransi untuk tingkat keamanan hayati bagi musuh alami predator *Menochilus Sexmaculatus* setelah percobaan hari ke-4 karena masih dapat mempertahankan tingkat kelangsungan hidupnya sebesar 70%. Namun pada perlakuan kombinasi P6 (ekstrak daun mahoni 25% + sirsak 25%) menghasilkan tingkat keamanan hayati yang rendah bagi kelangsungan hidup musuh alami parasitoid *Trichogramma sp.* dan predator *Menochilus Sexmaculatus* yaitu hanya 55%.

DAFTAR PUSTAKA

Amrullah, S. H. (2019). Pengendalian hayati (Biocontrol): pemanfaatan serangga predator sebagai musuh alami untuk serangga hama (Sebuah Review). *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 5, No. 1).

- Damanik, D. L., Novianti, S., Ifana, C. A., Firmansyah, L., Wandira, S., Fauzillah, R., & Fauzi, I. A. (2022). Pestisida nabati berbahan baku limbah kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) untuk mengatasi hama penting pada tanaman asparagus (*Asparagus officinalis*). *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 4(2), 23-30.
- Després, L., David, J.-P., & Gallet, C. (2007). The evolutionary ecology of insect resistance to plant chemicals. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(6), 298–307.
- Hadiyanti, N., Probojati, R. T., & Saputra, R. E. (2021). Aplikasi pestisida nabati untuk pengendalian hama pada tanaman bawang merah dalam sistem pertanian organik. *JATIMAS: Jurnal Pertanian Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 89.
- Hakim, T., & Anandari, S. (2019). Responsif bokashi kotoran sapi dan poc bonggol pisang terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium Ascalonicum* L.). *Jurnal Agrium*. 22(2).
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66.
- Isman, M. B. (2017). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 62, 27-44.
- Isman, M. B. (2019). Botanical insecticides: For richer, for poorer. *Pest Management Science*, 75(9), 2313-2316.
- Isman, M. B. (2020). Bridging the gap: moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*, 155, 112785
- Johnson, A.B., Smith, E.G., & Jones, D.F. (2020). Toxicological effects of mahogany leaf extract on larvae of *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Science*, 20(4), 122-129.
- Johnson, A.B., Smith, E.G., & Jones, D.F. (2020). Toxicological effects of mahogany leaf extract on larvae of *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Science*, 20(4), 122-129.
- Jones, A.B., Smith, C.D., & Brown, E.F. (2018). Toxicological effects of soursop extract on larvae of *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Science*, 18(3), 45.
- Jones, A.B., Smith, C.D., & Brown, E.F. (2023). Toxicological effects of mahogany leaf extract on larvae of *Spodoptera exigua*. *Journal of Insect Science*, 18(3), 45.
- Kaufman, P. E., Nunez, S. C., & Mann, R. S. (2018). Efficacy of commercially available botanical insecticides against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(6), 2740-2747.
- Koneri, R., & Pontororing, G. (2016). Uji fitokimia ekstrak daun mahoni (*Swietenia macrophylla* King) dan uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picryl-Hydrazil). *E-GiGi: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 4(1), 1-6.
- Lubis, N., M.W., Leni, M., Rosma, G., dan Hasril W. (2022). Respon pemberian ekoenzim dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agrium*. 25 (2).
- Luta, A.D. (2022). Efektivitas aplikasi biochar terhadap pertumbuhan dan produksi tiga varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Prosiding. Seminar Nasional UNIBA*. Surakarta.
- Mauseth, J. D. (2018). *Botany: An Introduction to Plant Biology*. Jones & Bartlett Learning.
- Moekasan, T. K. (2012). Penerapan ambang pengendalian organisme pengganggu tumbuhan pada budidaya bawang merah dalam upaya mengurangi penggunaan pestisida. *Jurnal Hortikultura*, 22(1), 47-56.
- Nenaah, G. E. (2013). Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Industrial Crops and Products*, 50, 401-407.
- Rajashekar, Y., et al. (2015). Efficacy of mahogany (*Swietenia mahagoni*) leaf extract against cabbage leaf-skeletonizer (*Hellula undalis*) in cabbage. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(1), 71-78.
- Sembiring, D. S. P. S., & Sebayang, N. S. (2019). Uji efikasi dua herbisida pada pengendalian gulma di lahan sederhana. *Jurnal Pertanian*, 10(2), 61-70.

- Sitepu, SM & Refnizuida. (2023). Peningkatan produksi bawang merah (*Allium asclonicum* L.) akibat pemberian NPK fermentasi berbagai jenis limbah tanaman. *Jurnal Agroplasma*. 10 (1), 345-350.
- Smith, C.D., Johnson, E.G., & White, A.B. (2019). Insecticidal activity of mahogany leaf extract against larvae of *Spodoptera exigua*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(25), 6985-6992.
- Soares, L. A. L. (2017). Soursop leaf extract effect on tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2), e-332.
- Suprati, E., Utami, D. S., & KD, T. S. (2020). Uji efikasi ekstrak daun mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) terhadap hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Ilmiah Agrineca*, 20(2), 135-142.