

## **Efektivitas Ekstrak Tumbuhan Rawa sebagai Biopestisida *Plutella xylostella* dalam Skala Laboratorium**

### **The Effectiveness of Swamp Plant Extracts as Biopesticides *Plutella xylostella* in Laboratory Scale**

**Syaiful Asikin<sup>1</sup>, Muhammad Alwi<sup>1</sup>, Izhar Khairullah<sup>1</sup>,  
Muhammad Helmy Abdillah<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Peneliti Ahli Badan Riset Inovasi Nasional, Jl. Gotong Royong, Kec. Banjarbaru Utara, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Indonesia.

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Handil Bakti, Kec. Alalak, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan 70582, Indonesia.

\*Email korespondensi: abdillah.helmy21@gmail.com

Naskah diterima: 04 Juni 2022; Naskah disetujui: 10 November 2022

#### **ABSTRACT**

*Cabbage caterpillars can attack all stages of plant growth in the vegetative and generative phases. In the concept of integrated pest control, the use of chemical insecticides is the last alternative, so an environmentally friendly control technology is needed. Swamp land has the potential of plants that can be extracted as active ingredients for pest control because they have contained the organic acid result of secondary metabolism as a toxic. The results of the literature study showed that there were several types of potential wetland plants that contained the active ingredient of hydrocarbon derivative compounds which were effective in controlling *Plutella*, but of the 13 types of plants, a study was conducted on their effectiveness in controlling *Plutella xylostella* larvae is very necessary. The purpose of this study was to determine the effectiveness of various types of wetland plants as effective botanical insecticides in controlling *Plutella xylostella* on a laboratory scale. The results showed that there were 13 types of swamp plants that could be effective botanical insecticides in controlling *Plutella xylostella*. The mortality of *Plutella xylostella* larvae at 48 hours of observation was high in the treatment of plant extracts of *Piper sarmentosum*, *Tithonia diversifolia*, and *Ziziphus spina-christi* with a percentage of 68%. Therefore, it is necessary to conserve these wild plants so that these plants do not become extinct.*

*Keywords: Effectiveness, Insecticide, Plutella, Wetland Plants*

#### **ABSTRAK**

Ulat daun kubis dapat menyerang semua stadia tumbuh tanaman pada fase vegetatif maupun generatif. Dalam konsep pengendalian hama terpadu, penggunaan insektisida kimia merupakan alternatif terakhir sehingga diperlukan teknologi pengendalian yang ramah lingkungan. Lahan rawa memiliki potensi tumbuhan yang dapat diambil ekstraknya sebagai bahan aktif pengendalian hama karena mengandung senyawa metabolit sekunder berupa asam-asam organik yang bersifat toksik. Hasil studi pustaka menunjukkan terdapat beberapa jenis tumbuhan rawa potensial yang mengandung bahan aktif senyawa turunan hidrokarbon yang efektif dalam mengendalikan hama ulat daun tritrip *Plutella*, namun dari 13 jenis tumbuhan tersebut memerlukan penelitian terhadap efektivitasnya mengendalikan

larva *Plutella xylostella*. Tujuan penelitian ini adalah menentukan efektivitas dari berbagai jenis tumbuhan rawa sebagai insektisida nabati yang efektif dalam mengendalikan *Plutella xylostella* pada skala laboratorium. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 13 jenis tumbuhan rawa dapat menjadi insektisida nabati yang efektif dalam mengendalikan *Plutella xylostella*. Mortalitas larva *Plutella xylostella* pada pengamatan 48 jam yang terlihat tinggi pada perlakuan ekstrak tumbuhan *Piper sarmentosum*, *Tithonia diversifolia* dan *Ziziphus spina-christi* dengan persentasi mencapai 68%. Dengan demikian perlu dilestarikan tumbuhan liar tersebut agar tumbuhan tersebut tidak sampai punah.

Kata kunci: Efektivitas, Insektisida, Plutella, Tumbuhan Rawa

## PENDAHULUAN

Hama ulat tritrip (*Plutella xylostella*) tergolong hama bersifat oligofag yang sering menyerang tanaman suku kubis-kubisan (Cruciferae / Brassicaceae). Ulat tritrip ini dapat menyerang semua stadia tumbuh tanaman. Umumnya bagian tanaman yang diserang adalah daun bagian bawah dengan gejala berlubang-lubang. Selain itu, tanaman budidaya dan gulma yang termasuk suku Cruciferae dimungkinkan dapat menjadi inang dari *Plutella xylostella* (Sopialena, 2018; Gazali, 2019). Pengendalian hama *Plutella xylostella* umumnya dilakukan dengan penyemprotan insektisida yang mengandung bahan aktif metomil, klorfenapir dan chlorantraniliprole, namun pada akhirnya membuat hama tersebut menjadi resisten (Prabaningrum *et al.*, 2013; Hu *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2017). Resistensi yang terus meningkat dari genetik *Plutella xylostella* membuat rendahnya produksi tanaman yang bersuku kubis seperti sawi, kubis bunga, pakcoy, dan brokoli, padahal potensi ekonomi dari jenis sayuran ini sangat tinggi dan bernilai ekspor (Arsanti, Sayekti and Kiloes, 2017) sehingga petani banyak mengalami kerugian.

Dalam upaya mengendalikan *Plutella xylostella*, tidak dapat mengandalkan bahan aktif insektisida sintetis sebab akan membuat resistensi hama (Syahfari *et al.*, 2021) sehingga semakin tinggi dosis bahan aktif yang diberikan akan semakin tinggi resistensi hama dan menyebabkan resurgensi pada invertebrata lain. Tentunya hal ini berdampak buruk bagi kesehatan manusia, kerusakan lingkungan, resistensi hama, resurgensi, dan ledakan hama sekunder. Efek residu dari penggunaan insektisida dapat mencemari tanah disertai dengan matinya beberapa mikroorganisme perombak tanah, mematikan serangga dan binatang lain yang bersifat antagonisme (Aktar *et al.*, 2009; Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2016; Gómez-Guzmán *et al.*, 2022). Oleh karena itu, diperlukan bahan aktif yang berbeda dari bahan aktif yang sering digunakan untuk mengendalikan hama ulat pemakan daun yang tentunya tidak menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan dan kerusakan ekosistem.

Lahan rawa memiliki berbagai jenis flora endemik maupun non-endemik yang beranekaragam, dapat tumbuh subur dalam kondisi tropis (Setyawati *et al.*, 2015; Partomihardjo *et al.*, 2020). Beberapa tumbuhan tersebut mempunyai fungsi sebagai biopestisida (Qin *et al.*, 2010; Syed-Ab-Rahman *et al.*, 2014; Sharif *et al.*, 2019;), refugia (Mahanani, Ramazayandi and Suryana, 2020), pupuk organik (Jama *et al.*, 2000; Hafifah *et al.*, 2016; Lestari, 2016), serta fitoremediasi (Mohd *et al.*, 2013; Yusmur, Ardiansyah and Mansur, 2019). Dari beberapa penelitian, tumbuhan endemik maupun non-endemik lahan rawa tropis diantaranya Gelam, Cambai karok, Jengah, Bidara, Kipahit, Tapak liman dan Melinjo berpotensi sebagai insektisida karena memiliki bahan aktif berupa asam-asam organik hasil metabolit sekunder berstruktur hidrokarbon (Shahat *et al.*, 2001; Sharif *et al.*, 2019; Alotibi *et al.*, 2020; Tavares *et al.*, 2021) sebagai *antifeedant* dan apabila hama mengonsumsinya akan berdampak pada kerusakan jaringan pencernaan dan pernafasan (Hikal, Baeshen and Said-Al Ahl, 2017; Divekar *et al.*, 2022). Oleh karena itu, jaringan tanaman tersebut berpotensi dijadikan sebagai bahan utama insektisida. Tujuan penelitian ini adalah menentukan efektivitas dari berbagai jenis tumbuhan rawa sebagai insektisida nabati yang efektif dalam mengendalikan *Plutella xylostella* pada skala laboratorium.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Banjarbaru - Kalimantan Selatan pada November 2020-Maret 2021.

### Bahan dan Alat

Adapun bahan perlakuan yang digunakan yakni:

Tabel 1. Bahan yang digunakan sebagai perlakuan

Nama Tumbuhan/ perlakuan	Nama Latin	Bahan yang digunakan
Galam	<i>Melaleuca leucadendron</i>	Daun
Cambai karok	<i>Piper sarmentosum</i>	Daun
Rumput Tanduk rusa	<i>Platynerium bofurcatum</i>	Daun
Rumput Gandarusa	<i>Justicia gendarussa</i> Br. F	Daun
Rumput Pegagan	<i>Centella asiatica</i> L. Ur	Batang/ Daun
Tanaman Jengah	<i>Gluta renghas</i> L	Daun
Tanaman Tegari	<i>Dianella</i> sp	Akar/ Daun
Tanaman Melinjo	<i>Gnetum gnemon</i> L	Daun
Tanaman Bidara	<i>Ziziphus spina-christi</i> L	Daun
Tanaman Kipahit	<i>Tithonia diversifolia</i>	Daun
Tanaman Maja	<i>Aegle marmelos</i>	Buah
Tapak Liman	<i>Elephantopus scaber</i>	Daun
Tanpa Pengendalian	-	Air
Perlakuan Mimba	-	Daun
Insektisida Kimiawi	-	<i>Lambda cyhalothrin</i>

Bahan dan alat lainnya yang digunakan adalah pelarut aseton 70%, Tween 40, water bath, gelas kaca, dan alat pengaduk. Serangga uji yang dipergunakan adalah larva *Plutella xylostella*, yang merupakan hasil pembiakan di rumah kaca. Alat yang digunakan pisau, parang, kantong, karung, ember, tikar dan *waterbath*.

### **Penyediaan Ekstrak**

Dalam penyediaan ekstrak, prosedur dimodifikasi dari penelitian Asikin & Khairullah, (2021) Insektisida nabati yang dibuat dalam bentuk ekstrak padat (*paste*) dengan cara merendam bahan tumbuhan segar (Tabel 1) yang digunakan sebagai perlakuan tersebut ke dalam pelarut (aseton 70%) dengan perbandingan setiap 1000 gram bahan tumbuhan direndam selama 48 jam dengan aseton 70% sebanyak 5 liter, kemudian disaring dan hasil saringannya dievaporasikan dengan vakum untuk menghasilkan residu. Hasil residu dimasukkan ke dalam cawan terbuka dan dipanaskan pada *waterbath* dengan suhu 50 °C selama 6 jam sehingga membentuk ekstrak padat. Sebelum aplikasi, terlebih dahulu ekstrak padat dicampur dengan *tween* 40 dengan perbandingan 10:1 agar daya rekatnya pada tanaman lebih kuat dan penyebarannya merata pada permukaan tanaman. Pencampuran ekstrak padat dengan *tween* dilakukan pada gelas kaca secara perlahan hingga campuran merata, kemudian dicampur dengan air sebanyak 1000 ml setiap 1,0 g ekstrak padat.

### **Rancangan Percobaan**

Desain penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 16 perlakuan ekstrak tanaman (Tabel 1) yang telah dibuat pasta dan untuk mengetahui efektivitasnya maka dibuat 3 kontrol yaitu kontrol tanpa pengendalian, aplikasi ekstrak daun Mimba, dan aplikasi insektisida kimia sintetis berbahan *lambda cyhalothrin* yang masing-masing diulang 5 kali. Setiap perlakuan diujikan pada 15 ekor larva *Plutella xylostella* yang diaplikasikan pada makanannya yakni daun kubis segar. Untuk mendapatkan tujuan dari penelitian ini, data dianalisis dengan sidik ragam untuk mengetahui signifikansi nilai dari pemberian perlakuan, jika terdapat minimal dua pasang perlakuan yang berbeda maka dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah menggunakan model BNJ  $\alpha$  5% untuk menentukan efektivitas perlakuan dalam mengendalikan *Plutella xylostella*.

### **Pelaksanaan Penelitian**

Secara umum metode pelaksanaan penelitian diadopsi dari penelitian Asikin, Melhanah and Lestari, (2021) dengan tahapan 1) Pengambilan dan pengumpulan larva

*Pluttela xylostella* diambil dari pertanaman kubis di rumah kaca kebun percobaan Balai Penelitian Lahan Rawa yang sengaja untuk diperbanyak. 2) Larva *Pluttela xylostella* ini dikumpulkan dalam satu wadah (kotak plastik) sebagai tempat untuk menyimpannya, sebelum dibawa ke laboratorium. 3) Larva-larva dari *Pluttela xylostella* itu dipelihara selama dua hari dengan pemberian makan yang rutin sehingga dapat beradaptasi dengan lingkungan laboratorium, sebagai tempat tinggalnya yang baru. Ulat/ larva *Pluttela xylostella* tersebut diberi daun kubis (sebagai makanan) agar larva tidak mati sebelum penelitian ini dilaksanakan. 4) Daun kubis dicelupkan selama 3 menit ke dalam insektisida perlakuan yang telah diformulasikan dan kemudian dikering-anginkan. 5) Setelah dikering-anginkan, daun kubis dimasukkan ke dalam botol kaca yang berisi larva *Pluttela xylostella*. 6) Pengamatan variabel, Pengamatan dilakukan terhadap kematian (mortalitas) larva *Pluttela xylostella* dengan frekuensi pengamatan pada 24; 36; 48; 60; dan 72 jam. Untuk menghitung presentase mortalitas larva digunakan rumus yang digunakan oleh Rahman *et al.* (2020), yakni:

$$P = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase mortalitas

A : Jumlah serangga yang mati

B : Jumlah serangga keseluruhan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gejala Keracunan Larva

Beberapa ekstrak tumbuhan rawa yang diuji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap mortalitas larva *Pluttela xylostella* setelah 48 jam (Tabel 2) seperti *Piper sarmentosum*, *Tithonia diversifolia*, dan *Ziziphus spina-christi*, sedangkan perlakuan insektisida berbahan aktif *lambda cyhalothrin* terlihat sangat cepat pengaruhnya. Larva yang meng alami kematian, ditandai dengan tubuhnya yang kaku, lunak, dan perlahan mengkerut. Kematian larva pada perlakuan ekstrak tumbuhan rawa diawali dengan *paralisis* (tungkai sudah tidak mampu lagi menopang tubuh), hal ini diduga karena tumbuhan rawa mengandung senyawa asam organik yang bersifat toksik yang menempel pada pernapasan dan pencernaan larva yang mulai rusak. Menurut Yusoff *et al.* (2021), toksisitas enzim yang menjadi bahan aktif dari insektisida akan menyerang organ pernafasan dan pencernaannya agar berhenti bermetabolisme dengan cara menurunkan kerja otot pernafasan dan menghambat sekresi cairan pada pencernaan sehingga terjadi

kelebihan kapasitas cairan pada tubuh larva dan akhirnya pembuluh jaringan pernafasan dan pencernaan menjadi pecah sehingga mematikan larva. Cara lain dapat terjadi dengan menstimulasi pencernaan larva agar tidak nafsu makan namun sekresi dipacu terus-menerus sehingga terjadi disfungsi pencernaan yang menyebabkan kaku dan kering (Gao *et al.*, 2019). Mekanisme ini yang sering terjadi dalam mematikan serangga namun perbedaannya terletak pada tingkah-laku yang terlihat dan kondisi kematian serangga.

### **Persentase Mortalitas**

Hasil pengamatan pertama yaitu pada 12 jam setelah infestasi, seluruh ekstrak yang diuji belum memperlihatkan adanya gejala keracunan, tetapi pada perlakuan aplikasi insektisida kimia *Lambda cyhalothrin* sudah dapat mematikan hama 85%. Pada pengamatan setelah 24 jam diinfestasi, larva yang diujikan mulai diam dan menggulung tidak seaktif pada pengamatan sebelumnya. Adapun kematian pada perlakuan kontrol insektisida kimia sudah mencapai 100%, sedangkan pada perlakuan ekstrak tumbuhan rawa masih berkisar 30% - 37%. Pada pengamatan 48 jam setelah infestasi, terlihat bahwa tingkat kematian larva sudah mencapai efikasi yang tinggi mencapai 69% pada aplikasi perlakuan Cambai Karok, Pegagan, Jingah, Tegari, dan Kipahit, sedangkan efektivitas rumput Gandarusa dan Bidara lebih rendah hampir 3% dari rerata perlakuan yang lain, yakni 65,33%. Uji beda nilai tengah menggunakan model BNJ pada  $\alpha$  5% menunjukkan tidak ada perbedaan tingkat efektivitas dengan demikian semua tumbuhan liar rawa dalam penelitian ini telah efektif dalam mengendalikan larva *Plutella xylostella*. Terlihat bahwa mulai terdapat efikasi dari aplikasi ekstrak tumbuhan rawa pada mortalitas larva *Plutella xylostella* setelah 24 jam pemberian pakan. Meskipun terjadi pengaruh yang lebih lambat dibandingkan perlakuan aplikasi insektisida kimia berbahan *Lambda cyhalothrin*, aplikasi ekstrak tumbuhan rawa mampu meningkatkan mortalitas larva *Plutella xylostella* dengan jumlah hampir 100% pada semua perlakuan pada 72 jam setelah aplikasi. Hal ini diduga terdapatnya kandungan senyawa hasil metabolit sekunder dari bahan tumbuhan rawa yang efektif dalam menghambat sistem pernafasan dan pencernaan larva *Plutella xylostella* seperti polyphenols, alkaloid, pirones, penilpropanoid dan sterol (Syed-Ab-Rahman *et al.*, 2014) yang mampu mematikan hama melalui racun perut (Qin *et al.*, 2010). Selain itu, ekstrak tumbuhan rawa tersebut juga membuat hama tidak nafsu makan (*antifeedant*) yang disebabkan senyawa etil asetat, asam cinnamic, asam lansiolic, piperin (Fauzy *et al.*, 2019; Pengsook *et al.*, 2022). *Antifeedant* bekerja dengan cara merangsang syaraf penolak makan yang spesifik berupa reseptor kimia (*chemoreceptor*) yang terdapat pada bagian mulut (*mouthpart*). Reseptor kimia tersebut bekerja bersama reseptor kimia lainnya dan

menyebabkan gangguan persepsi rangsangan untuk makan (Isman, 2002; Nguyen *et al.*, 2020). Efek cepat *lambda cyhalothrin* dalam pengendalian *Plutella xylostella* dengan bahan aktif (S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl-(Z)-(1R,3R)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethyl cyclopropanecarboxylate karena mengandung 2 senyawa isomer yang kuat dalam menghancurkan sel-sel pernafasan dan pencernaan hama (He *et al.*, 2008; El Sherif *et al.*, 2022).

Tabel 2. Rata-rata mortalitas larva ulat *Plutella xylostella*.

Ekstrak tumbuhan	Pengamatan Mortalitas Larva (%)					
	12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam	60 Jam	72 Jam
Galam	0,00a	36,00c	46,67bc	66,67b	84,00b	84,00b
Cambai karok	0,00a	37,33c	48,00c	68,00b	84,00b	84,00b
Rumput Tanduk rusa	0,00a	33,33b	46,67bc	66,67b	83,60b	82,67b
Rumput Gandarusa	0,00a	36,00c	46,67bc	65,33b	81,33b	82,33b
Rumput Pegagan	0,00a	37,33c	48,00c	65,33b	84,00b	84,00b
Tanaman Jingah	0,00a	36,00c	48,67c	65,33b	84,00b	84,00b
Tanaman Tegari	0,00a	36,00c	48,00c	65,33b	83,67b	82,67b
Tanaman Melinjo	0,00a	33,33b	45,33b	66,67b	83,67b	84,00b
Tanaman Bidara	0,00a	37,33c	48,00c	68,00b	83,67b	82,67b
Tanaman Kipahit	0,00a	33,33b	46,67bc	68,00b	84,00b	84,00b
Tanaman Maja	0,00a	36,00c	45,33b	66,67b	84,00b	84,00b
Tapak Liman	0,00a	37,33c	46,67b	65,33b	84,00b	84,00b
Tanpa Pengendalian	0,00a	0,00a	0,00a	1,33a	1,33a	1,33a
Pestisida Daun Mimba	0,00a	30,67b	45,33b	65,33b	81,33b	81,33b
Insektisida Kimiawi	85,00b	100,00d	100,00d	100,00c	100,00c	100,00c

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%.

Patramurti *et al.* (2020) melaporkan bahwa suku Myrtaceae khususnya pada spesies *Melaleuca leucadendron* banyak mengandung asam organik yang terdiri dari senyawa sitral, sitronela, geraniol, mirsena, nerol, farmesol methyl heptenol dan dipentena. Kandungan yang paling besar adalah sitronela yaitu sebesar 35% dan geraniol sebesar 35-40%. Senyawa sitronela merupakan racun kontak dan menyebabkan dehidrasi sehingga akan kehilangan cairan secara terus-menerus dan mengakibatkan kematian. Pada spesies *Piper sarmentosum* memiliki kandungan Myristicin; *trans*-Caryophyllene;  $\alpha$ -Copaene dan dichloromethane yang dilaporkan dapat menjadi bahan aktif anti mikroba dan pestisida (Hematpoor, Azirun and Awang, 2013; Chanprapai and Chavasiri, 2017).

Pada ekstraksi *Ziziphus spina-christi* terdapat senyawa ethanol, diethyl-ether, n-butanol, betulinic acid, dan betulin acid yang mampu merusak sel mikro sehingga jaringan tidak dapat berfungsi (Shahat *et al.*, 2001; Alotibi *et al.*, 2020; Ads *et al.*, 2022). Pada tumbuhan *Tithonia diversifolia* terdapat senyawa sesquiterpene lactones, diterpenes, flavonoids dan sterolsand, selain itu juga mengandung phytosterols, xanthans, coumarins, ceramides, dan chromones dalam jumlah yang lebih rendah (Green *et al.*, 2017; Widyastuti

*et al.*, 2018; Pantoja-Pulido *et al.*, 2020). Pada ekstrak tumbuhan *Aegle marmelos* (L.) Correa diketahui mengandung  $\beta$ - terpinyl acetate, 5- isopropenyl-2- methyl-7-oxabicyclo (4.1.0) hepten-2-ol; 2, 3-pinanediol, dan Bicyclo-(3.1.0) hexane-6-methanol,2-hydroxy-1.4.4-trimethyl yang mampu mencegah ketertarikan hama, menurunkan nafsu makan, dan membunuh mikroba yang berasosiasi dengan vektor (Mujeeb, Bajpai and Pathak, 2014; Sarma, Mahanta and Khanikor, 2017). Selain itu pada ekstrak pakan yang menggunakan *Elephantopus scaber* yang mengandung berbagai senyawa beracun sehingga dapat mematikan hama seperti senyawa alkaloids, tannins, phenols, glycosides, saponins, terpenoids, steroids, epifriedelinol, lupeol, stigmaterol, triacontan-1-ol, dotria-contan-1-ol, lupeol acetate, deoxyelephantopin, isodeoxyelephantopin, dan luteolin-7-glucosida (Hussin, Bolhassan and Kuok San, 2016; Yuliani *et al.*, 2019; Rashed, 2021). Dari hasil penelitian didapat bahwa penggunaan tumbuhan rawa berpotensi sebagai bahan utama untuk mengendalikan larva *Plutella xylostella*. Pengendalian ini layak untuk dilakukan sebab mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan, terutama resistensi hama dan resurgensi predator. Dengan demikian perlu dilestarikan tumbuhan liar tersebut agar tumbuhan tersebut tidak sampai punah dan dapat menyediakan bahan utama sebagai bahan aktif insektisida nabati di lahan rawa.

## KESIMPULAN

Terdapat 13 jenis tumbuhan rawa dapat menjadi insektisida nabati yang efektif dalam mengendalikan *Plutella xylostella*. Dari 13 jenis tumbuhan tersebut terdapat 3 tumbuhan rawa yang menyebabkan mortalitas larva *Plutella xylostella* pada pengamatan 48 jam setelah aplikasi perlakuan terlihat tinggi yakni pada perlakuan ekstrak tumbuhan *Piper sarmentosum*, *Tithonia diversifolia*, dan *Ziziphus spina-christi* hingga 68%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ads, E.N. *et al.* (2022) 'Isolation, structure elucidation and antimicrobial evaluation of natural pentacyclic triterpenoids and phytochemical investigation of different fractions of *Ziziphus spina-christi* ( L .) stem bark using LCHRMS analysis', *Molecules*, 27(3), pp. 1–14.
- Aktar, W., Sengupta, D. and Chowdhury, A. (2009) 'Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards', *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.
- Alotibi, F.O., Ashour, E.H. and Al-Basher, G. (2020) 'Evaluation of the antifungal activity of *Rumex vesicarius* L. and *Ziziphus spina-christi* (L) Desf. Aqueous extracts and



- assessment of the morphological changes induced to certain myco-phytopathogens', *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(10), pp. 2818–2828. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.051>.
- Arsanti, I.W., Sayekti, A.L. and Kiloes, A.M. (2017) 'Analisis rantai nilai komoditas Kubis (*Brassica oleracea* L): Studi kasus di sentra produksi Kabupaten Karo', *Jurnal Hortikultura*, 27(2), pp. 269–278. Available at: <https://doi.org/10.21082/jhort.v27n2.2017.p269-278>.
- Asikin, S. and Khairullah, I. (2021) 'Efektivitas Ekstrak Gulma Rawa sebagai Bahan Bioinsektisida untuk Mengendalikan Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.)', *Agrikultura*, 32(2), pp. 85–92. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i2.27526>.
- Asikin, S., Melhanah, M. and Lestari, Y. (2021) 'Aplikasi insektisida nabati berbahan tanaman rawa untuk mengendalikan hama kedelai ulat grayak (*Spodoptera litura*) di lahan rawa pasang surut', *Jurnal Agri Peat*, 22(1), pp. 33–39. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.36873/agp.v22i01.3311>.
- Chanprapai, P. and Chavasiri, W. (2017) 'Antimicrobial activity from *Piper sarmentosum* Roxb. against rice pathogenic bacteria and fungi', *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11), pp. 2513–2524. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61693-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61693-9).
- Divekar, P.A. *et al.* (2022) 'Plant Secondary Metabolites as Defense Tools against Herbivores for Sustainable Crop Protection', *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5), pp. 2690–2714. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms23052690>.
- Fauzy, F.H. *et al.* (2019) '*Piper sarmentosum* leaves aqueous extract attenuates vascular endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive Rats', *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1155/2019/7198592>.
- Gao, Q. *et al.* (2019) 'Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from Chinese chive against *Plutella xylostella* larvae', *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 100(1), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1002/arch.21509>.
- Gazali, A. (2019) *Teknologi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Sawi*. cetakan ke, *Warta Unlam Pustaka Banua*. cetakan ke-2. Banjarmasin. Available at: <http://eprints.ulm.ac.id/>.
- Gómez-Guzmán, J.A., Sainz-Pérez, M. and González-Ruiz, R. (2022) 'Monitoring and inference of behavioral resistance in beneficial insects to insecticides in two pest control systems: IPM and Organic', *Agronomy*, 12(2), p. 15. Available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020538>.
- Green, P.W.C. *et al.* (2017) 'Insecticidal activity of *Tithonia diversifolia* and *Vernonia amygdalina*', *Industrial Crops and Products*, 110(3), pp. 15–21. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.021>.

- Hafifah *et al.* (2016) 'The potential of *Tithonia diversifolia* green manure for improving soil quality for Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Brotrytis* L.)', *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 3(2), pp. 499–506. Available at: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2016.032.499>.
- He, L.M. *et al.* (2008) 'Environmental chemistry, ecotoxicity, and fate of lambda-cyhalothrin.', in *Reviews of environmental contamination and toxicology*. New York, USA: Springer, pp. 71–91. Available at: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-77030-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-0-387-77030-7_3).
- Hematpoor, A., Azirun, M.S. and Awang, K. (2013) 'Isolation and identification of active compounds from *Piper sarmentosum* against several storage pests', in *International Conference Protection*, p. 2013.
- Hikal, W.M., Baeshen, R.S. and Said-Al Ahl, H.A.H. (2017) 'Botanical insecticide as simple extractives for pest control', *Cogent Biology*, 3(1), pp. 1404274–1404291. Available at: <https://doi.org/10.1080/23312025.2017.1404274>.
- Hu, Z. Di *et al.* (2014) 'Biochemical mechanism of chlorantraniliprole resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* Linnaeus', *Journal of Integrative Agriculture*, 13(11), pp. 2452–2459. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60748-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60748-6).
- Hussin, N.A., Bolhassan, M. hasnul and Kuok San, Y.F. (2016) 'Antifungal properties of *Elephantopus scaber* L. (Asteraceae) against crop pathogenic fungi', *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 6(2), pp. 48–52. Available at: <https://doi.org/10.33736/bjrst.344.2016>.
- Isman, M. (2002) *Insect antifeedants, Pesticide Outlook*. Available at: <https://doi.org/10.1039/b206507j>.
- Jama, B. *et al.* (2000) '*Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review', *Agroforestry Systems*, 49(2), pp. 201–221. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1006339025728>.
- Lestari, S.A.D. (2016) 'Pemanfaatan paitan sebagai pupuk organik pada tanaman Kedelai', *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), pp. 49–56.
- Mahanani, A.P., Ramazayandi, R. and Suryana, J. (2020) 'Pengenalan sistem Refugia pada lahan pertanian di Desa Jalaksana, Kabupaten Kuningan', *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(4), pp. 591–596.
- Mohd, S.N. *et al.* (2013) 'Growth performance, biomass and phytoextraction efficiency of *Acacia mangium* and *Melaleuca cajuputi* in remediating heavy metal contaminated soil', *American Journal of Environmental Sciences*, 9(4), pp. 310–316. Available at: <https://doi.org/10.3844/ajessp.2013.310.316>.
- Mujeeb, F., Bajpai, P. and Pathak, N. (2014) 'Phytochemical evaluation, antimicrobial activity, and determination of bioactive components from leaves of aegle marmelos', *BioMed Research International*, (497606), p. 11. Available at: <https://doi.org/10.1155/2014/497606>.

- Nguyen, N.Q. *et al.* (2020) 'Bioactive compounds and antioxidant activity of leaves from *Piper sarmentosum* var. piperaceae', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(012028). Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012028>.
- Nicolopoulou-Stamati, P. *et al.* (2016) 'Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture', *Frontiers in Public Health*, 4(6), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>.
- Pantoja-Pulido, K.D. *et al.* (2020) 'Insecticidal and cholinesterase activity of dichloromethane extracts of *Tithonia diversifolia* on *Atta cephalotes* worker ants (Formicidae: Myrmicinae)', *Insects*, 11(3), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.3390/insects11030180>.
- Partomihardjo, T. *et al.* (2020) *Flora Riparian dan Hutan Rawa Gambut untuk Restorasi Area dengan Nilai Konservasi Tinggi (NKT) Terdegenerasi*. Zoological Society of London.
- Patramurti, C. *et al.* (2020) 'A Review on the potency of *Melaleuca leucadendron* leaves solid waste in wood preservation and its in silico prediction upon biological activities', *International Journal of Forestry Research*, (8885259), p. 13. Available at: <https://doi.org/10.1155/2020/8885259>.
- Pengsook, A. *et al.* (2022) 'Antifeedant activity and biochemical responses in *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) Infesting Broccoli, *Brassica oleracea* var. alboglabra exposed to *Piper ribesoides* Wall Extracts and Allelochemicals', *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00270-3>.
- Prabaningrum, L. *et al.* (2013) 'Resistensi *Plutella xylostella* terhadap insektisida yang umum digunakan oleh petani Kubis di Sulawesi Selatan', *Jurnal Hortikultura*, 23(2), pp. 164–173.
- Qin, W. *et al.* (2010) 'Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (Piperaceae) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispididae)', *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96(3), pp. 132–139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.10.006>.
- Rahman, A.S., Samharinto and Salamiah (2020) 'Mortalitas ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) yang diaplikasi dengan berbagai pestisida nabati', *Proteksi Tanaman Tropika*, 3(3), pp. 238–243.
- Rashed, K. (2021) 'Phytochemical and biological effects of *Elephantopus scaber* L: A review', *International Journal Science Inventions*, 10(3), pp. 164–169. Available at: <https://doi.org/10.32439/ps.v4i4-5.208-213>.
- Sarma, R., Mahanta, S. and Khanikor, B. (2017) 'Insecticidal activities of the essential oil of *Aegle marmelos* (Linnaeus, 1800) against *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823)', *Universal Journal of Agricultural Research*, 5(5), pp. 304–311. Available at: <https://doi.org/10.13189/ujar.2017.050508>.

- Setyawati, T. *et al.* (2015) *A Guidebook of Invasive Alien Plant Species in Indonesia*. Edited by T. Partomihardjo, S. Tjitrosoedirdjo, and Sunaryo. Research, Development and Innovation Agency. Ministry of Environment and Forestry.
- Shahat, A.A. *et al.* (2001) 'Chemical and biological investigations on *Zizyphus spinachristi* L.', *Phytotherapy Research*, 15(7), pp. 593–597. Available at: <https://doi.org/10.1002/ptr.883>.
- Sharif, Z.M., Kamal, A.F. and Jalil, N.J. (2019) 'Chemical composition of *Melaleuca cajuputi* powell', *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), pp. 3479–3483. Available at: <https://doi.org/10.35940/ijeat.A2668.109119>.
- Sherif, D.F. *et al.* (2022) 'The Binary Mixtures of Lambda-Cyhalothrin, Chlorfenapyr, and Abamectin, against the House Fly Larvae, *Musca domestica* L.', *Molecules*, 27(10). Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules27103084>.
- Sopialena (2018) *Pengendalian hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. cetakan kedua, Mulawarman University Press. cetakan ke. Samarinda.
- Syed-Ab-Rahman, S.F., Sijam, K. and Omar, D. (2014) 'Chemical composition of *Piper sarmentosum* extracts and antibacterial activity against the plant pathogenic bacteria *Pseudomonas fuscovaginae* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*', *Journal of Plant Diseases and Protection*, 121(6), pp. 237–242. Available at: <https://doi.org/10.1007/bf03356518>.
- Tavares, W.R., Barreto, M.D.C. and Seca, A.M.L. (2021) 'Aqueous and ethanolic plant extracts as bio-insecticides— establishing a bridge between raw scientific data and practical reality', *Plants*, 10(5), pp. 12–29. Available at: <https://doi.org/10.3390/plants10050920>.
- Widyastuti, R., Susanti, D. and Wijayanti, R. (2018) 'Toksistas dan aktivitas repellen ekstrak daun titonia terhadap kutu putih', *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 29(1), p. 8. Available at: <https://doi.org/10.21082/bullitro.v29n1.2018.1-8>.
- Yuliani *et al.* (2019) 'Total phenolic and flavonoid contents of *Elephantopus scaber* and *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) leaves extracts from various altitude habitats', *Ecology, Environment and Conservation*, 25(5), pp. 106–113.
- Yusmur, A., Ardiansyah, M. and Mansur, I. (2019) 'Acid mine drainage treatment strategy and mitigation through constructed swamp forest in post mining area', *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(3), pp. 566–576. Available at: <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.566-576>.
- Yusoff, N. *et al.* (2021) 'Toxicity and sublethal effect of farnesyl acetate on diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)', *Insects*, 12(2), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.3390/insects12020109>.
- Zhu, B. *et al.* (2017) 'Genome-wide identification of lncRNAs associated with chlorantraniliprole resistance in diamondback moth *Plutella xylostella* (L.)', *BMC Genomics*, 380(18), pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3748-9>.