

Transformasi Tunas Liar Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) Menjadi Pest Control Organik: Inovasi Berbasis Zero Waste Agriculture

Transformation of Wild Tobacco Shoots (*Nicotiana tabacum* L.) into Organic Pest Control: A Zero-Waste Agriculture Innovation

Fadhilah Azzah Atiqah^{1*}, Maria Yestiana M.K. Leo¹

¹(Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Fakultas Vokasi Logistik Militer, Universitas pertahanan RI, Indonesia.

*corresponding author, email: fadhilahazhat@gmail.com

ABSTRAK

Pertanian modern menghadapi tantangan berupa meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), resistensi terhadap pestisida sintesis, serta dampak residu kimia terhadap lingkungan. Pemanfaatan limbah biomassa tanaman sebagai pestisida nabati menjadi salah satu alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan. Artikel ini bertujuan mengkaji potensi kandungan bioaktif tunas liar tembakau (*Nicotiana tabacum* L.), menganalisis mekanisme kerja senyawa alkaloid terhadap serangga, serta mengevaluasi peluang penerapannya dalam sistem zero waste agriculture. Penelitian menggunakan metode studi literatur terhadap jurnal nasional dan internasional terbitan 2015–2025 yang relevan. Hasil sintesis menunjukkan bahwa tunas liar tembakau mengandung nikotin, anabasin, dan nornikotin yang bersifat neurotoksik melalui penghambatan reseptor asetilkolin pada sistem saraf serangga. Metode ekstraksi air panas dan fermentasi meningkatkan efektivitas pelarutan senyawa aktif dengan tingkat mortalitas tinggi terhadap hama penghisap dan pengunyah daun. Pemanfaatan tunas liar mendukung prinsip zero waste agriculture karena mengoptimalkan biomassa yang sebelumnya menjadi limbah. Dengan demikian, tunas liar tembakau berpotensi sebagai pest control organik yang berkelanjutan, meskipun aspek keamanan dan standarisasi formulasi masih memerlukan penelitian lanjutan.

Kata kunci: tembakau; nikotin; alkaloid; insektisida; fermentasi

ABSTRACT

Modern agriculture faces serious challenges, including increasing pest attacks, resistance to synthetic pesticides, and chemical residue impacts on the environment and human health. The utilization of plant biomass waste as botanical pesticides has emerged as an environmentally friendly alternative. This study aims to examine the bioactive compound potential of tobacco suckers (*Nicotiana tabacum* L.), analyze the alkaloid mechanism of action against insect pests, and evaluate its application within a zero waste agriculture system. The research employed a literature review method by analyzing national and international scientific publications from 2015–2025. The synthesis results indicate that tobacco suckers contain nicotine, anabasine, and nornicotine, which exhibit neurotoxic activity by inhibiting acetylcholine receptors in the insect nervous system. Hot water extraction and fermentation methods were reported to enhance alkaloid solubility and increase pest mortality rates, particularly against sap-sucking and leaf-chewing insects. The utilization of tobacco suckers supports the zero waste agriculture concept by optimizing previously discarded biomass. Therefore, tobacco suckers have strong potential as sustainable organic pest control agents, although further studies on safety and formulation standardization are required.

Keywords: tobacco; nicotine; alkaloid; insecticide; fermentation

PENDAHULUAN

Pertanian modern menghadapi berbagai tantangan, seperti meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), resistensi hama terhadap pestisida sintetis, serta dampak residu kimia terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penggunaan pestisida kimia secara terus-menerus dapat menyebabkan akumulasi residu berbahaya dan menurunkan kualitas agroekosistem (Pimentel & Burgess, 2014). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu alternatif yang berkembang adalah pemanfaatan pestisida nabati berbasis bahan alami yang mengandung senyawa bioaktif. Tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) diketahui memiliki potensi sebagai sumber pestisida nabati karena kandungan senyawa aktifnya yang bersifat toksik terhadap serangga (Isman, 2020). Namun, dalam konteks penelitian ini, aspek mekanisme kerja senyawa tersebut tidak menjadi fokus utama pada tahap pendahuluan, melainkan akan dibahas lebih lanjut pada bagian hasil dan pembahasan.

Dalam praktik budidaya, tunas liar (*suckers*) tembakau umumnya dibuang karena dianggap menghambat pertumbuhan daun utama dan menurunkan kualitas hasil panen (Goodman, 2016). Biomassa ini belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung menjadi limbah vegetatif, meskipun berpotensi sebagai sumber bahan pestisida nabati.

Sejalan dengan konsep *zero waste agriculture*, pemanfaatan limbah biomassa seperti tunas liar tembakau menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan mengurangi limbah pertanian (Gustavo et al., 2021). Namun demikian, kajian yang secara khusus mengintegrasikan pemanfaatan tunas liar tembakau sebagai pest control organik dalam kerangka *zero waste agriculture* masih terbatas. Selain itu, penelitian yang mengaitkan potensi bahan baku tersebut dengan aspek efektivitas dan aplikasinya dalam sistem pertanian berkelanjutan juga belum banyak dibahas secara komprehensif.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat gap penelitian yang jelas terkait pemanfaatan tunas liar tembakau sebagai bahan pestisida nabati dalam pendekatan *zero waste agriculture*. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengkaji potensi tunas liar tembakau sebagai pest control organik, serta mengevaluasi peluang penerapannya dalam sistem pertanian berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Artikel ini disusun menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan tinjauan sistematis (*systematic literature review*). Sumber data diperoleh dari artikel ilmiah nasional dan internasional yang diakses melalui database *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *ResearchGate*. Proses penelusuran literatur dilakukan menggunakan kata kunci: "*Nicotiana tabacum*", "tobacco alkaloids", "*botanical pesticide*", "*nicotine insecticide*", dan "*zero waste agriculture*".

Pemilihan literatur dibatasi pada publikasi 10 tahun terakhir (2015–2024) dengan pertimbangan bahwa periode tersebut merepresentasikan perkembangan terbaru penelitian terkait pestisida nabati, khususnya pemanfaatan senyawa alkaloid tembakau dan konsep *zero waste agriculture* yang semakin berkembang dalam dekade terakhir.

Proses seleksi literatur dilakukan secara bertahap mengacu pada alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), yang meliputi tahap identifikasi, penyaringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*), dan inklusi. Pada tahap identifikasi diperoleh 72 artikel dari hasil pencarian awal. Selanjutnya dilakukan *screening* berdasarkan judul dan abstrak untuk mengeliminasi artikel yang tidak relevan. Tahap berikutnya adalah seleksi *full-text* untuk memastikan kesesuaian dengan topik kajian.

Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel yang membahas kandungan alkaloid tembakau, (2) penelitian terkait efektivitas tembakau sebagai pestisida nabati, (3) kajian mekanisme kerja senyawa aktif terhadap serangga, dan (4) publikasi yang mengkaji konsep *zero waste agriculture*. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak tersedia dalam teks lengkap (*full text*), artikel non-ilmiah, serta publikasi yang tidak relevan secara langsung dengan topik kajian. Setelah melalui seluruh tahapan seleksi, diperoleh sejumlah artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai sumber utama dalam analisis, yang seluruhnya tercantum dalam daftar pustaka. Selain itu, dilakukan penilaian kualitas literatur untuk meminimalkan bias dalam kajian. Penilaian ini didasarkan pada

beberapa indikator, yaitu: kejelasan tujuan penelitian, kesesuaian metode yang digunakan, validitas hasil, serta relevansi dengan topik penelitian. Artikel dengan kualitas metodologis rendah atau tidak memiliki kejelasan hasil tidak dijadikan sebagai sumber utama dalam sintesis.

Data dari artikel terpilih dianalisis menggunakan pendekatan sintesis deskriptif-analitis yang dikombinasikan dengan analisis komparatif. Sintesis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan tema utama: (1) kandungan bioaktif tunas tembakau, (2) mekanisme kerja senyawa alkaloid sebagai insektisida, dan (3) potensi integrasi dalam sistem *zero waste agriculture*. Analisis komparatif dilakukan dengan membandingkan efektivitas ekstrak tembakau terhadap berbagai jenis hama serta membandingkannya dengan pestisida nabati lain berdasarkan parameter seperti tingkat mortalitas, metode ekstraksi, dan dampak lingkungan. Hasil analisis digunakan untuk menyusun kerangka konseptual mengenai pemanfaatan tunas liar tembakau sebagai pestisida nabati berkelanjutan dalam sistem pertanian berbasis *zero waste agriculture*.

Namun demikian, metode penelitian ini memiliki keterbatasan. Kajian ini tidak menggunakan pendekatan kuantitatif seperti meta-analisis sehingga hasil yang diperoleh bersifat kualitatif dan deskriptif. Selain itu, variasi metode dan kondisi penelitian pada masing-masing studi dapat memengaruhi tingkat perbandingan antar hasil penelitian. Oleh karena itu, diperlukan penelitian eksperimental lebih lanjut untuk menguji secara langsung efektivitas dan aplikasinya di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tembakau memiliki kandungan senyawa kompleks seperti senyawa saponin, terpenoid, flavonoid, dan alkaloid yang berupa senyawa nikotin (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan senyawa kimia batang tembakau dengan beberapa pelarut (Sharma *et al.*, 2016)

No	Senyawa	Aquades	Ethanol	Methanol
1	Saponin	+	+	+
2	Tannin	-	-	-
3	Flavonoid	+	+	+
4	Terpenoid	+	-	-
5	Napthoquinone	-	-	-
6	Alkaloid	+	+	+
7	Inulin	+	-	-
8	Carbohydrate	-	-	-
9	Phenol	-	-	-

Keterangan: (+) ada, (-) tidak ada.

Hasil penyaringan fitokimia menunjukkan bahwa senyawa saponin, flavonoid, dan alkaloid terdeteksi pada ketiga larutan uji. Sementara itu, senyawa terpenoid dan inulin hanya ditemukan pada perlakuan menggunakan pelarut aquades.

Saponin

Saponin merupakan senyawa glikosida kompleks yang terbentuk melalui proses kondensasi antara molekul gula dan senyawa hidroksil organik. Berdasarkan struktur aglikonnya, saponin diklasifikasikan menjadi dua golongan utama, yaitu saponin triterpenoid dan saponin steroid (Paramawati, 2016).

Nikotin

Nikotin berfungsi sebagai racun saraf pada serangga dengan mekanisme kerja yang cepat. Senyawa ini dapat diaplikasikan sebagai racun kontak, fumigan, maupun racun perut dalam pengendalian hama (Afifah *et al.*, 2015). Selain memengaruhi sistem saraf, alkaloid nikotin juga mampu merusak integritas membran sel sehingga senyawa tersebut dapat masuk ke dalam sel dan mengganggu fungsi seluler. Menurut Khater (2012), nikotin bekerja pada sistem saraf pusat serangga dengan menyebabkan pengikatan yang bersifat irreversibel pada reseptor, sehingga mengakibatkan gangguan transmisi impuls saraf dan berujung pada kelumpuhan hingga kematian.

Terpenoid

Kandungan terpenoid pada tanaman tembakau sebesar 3,1% (Siswoyo *et al.*, 2018). Terpenoid bersifat menolak serangga (*repellent*), dan dapat mengganggu sistem syaraf dan sistem metabolisme serangga sehingga banyak dimanfaatkan sebagai insektisida nabati.

Flavonoid

Senyawa flavonoid diketahui memiliki aktivitas sebagai racun saraf pada serangga. Senyawa ini dapat masuk melalui permukaan tubuh, khususnya melalui sistem pernapasan berupa spirakel, sehingga mengganggu proses respirasi serangga (Khalalia, 2016). Selain memengaruhi sistem pernapasan, flavonoid juga bekerja pada sistem pencernaan dengan menimbulkan gangguan fisiologis akibat kontraksi yang berlebihan, yang pada akhirnya merusak fungsi organ pencernaan. Gangguan pada sistem saraf dan pencernaan tersebut menyebabkan penurunan aktivitas hingga kematian serangga secara bertahap (Gokok, 2017).

Efektivitas dan Kandungan Bioaktif Tunas Liar Tembakau

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa tunas liar tembakau mengandung senyawa bioaktif utama berupa nikotin, anabasin, dan nornikotin yang berperan sebagai insektisida alami. Senyawa tersebut terbukti efektif dalam mengendalikan hama penghisap dan pengunyah daun seperti *aphid*, *thrips*, dan larva Lepidoptera melalui mekanisme neurotoksik.

Dalam perbandingan dengan pestisida nabati lain seperti ekstrak mimba (*Azadirachta indica*) dan serai (*Cymbopogon citratus*), ekstrak tembakau menunjukkan keunggulan dalam kecepatan kerja (*knockdown effect*) terhadap serangga. Meskipun demikian, daya residu pestisida tembakau cenderung lebih rendah dibandingkan mimba yang memiliki efek sistemik dan lebih stabil di lingkungan (Isman, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pestisida berbasis tembakau lebih cocok untuk pengendalian jangka pendek dengan frekuensi aplikasi yang lebih sering. Selain itu, dibandingkan dengan pestisida sintetis, pestisida nabati dari tembakau memiliki keunggulan dalam aspek biodegradabilitas dan residu lingkungan yang lebih rendah. Efektivitasnya masih dipengaruhi oleh konsentrasi, metode ekstraksi, serta kondisi lingkungan saat aplikasi.

Efektivitas terhadap Hama Sasaran

Sebagai bagian dari upaya transformasi tunas liar tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) menjadi *pest control* organik dalam kerangka inovasi berbasis *zero waste agriculture*, diperlukan kajian mengenai parameter efektivitas dan karakteristik bioaktifnya terhadap hama sasaran. Ringkasan hasil sintesis literatur terkait efektivitas tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Efektivitas Pestisida Nabati Berbasis Tunas Liar Tembakau

Parameter	Hasil Sintesis Literatur	Sumber
Senyawa aktif utama	Nikotin, anabasin, nornikotin	Rahmawati & Sari (2022)
Mekanisme kerja	Gangguan reseptor asetilkolin (neurotoksik)	Supriadi (2023)
Hama sasaran	Aphid, thrips, whiteflies, larva Lepidoptera	Rahmawati <i>et al.</i> (2022)
Metode ekstraksi efektif	Ekstraksi air panas, fermentasi	Wijaya & Hasibuan (2020)
Dampak lingkungan	Mudah terurai, residu rendah	Wulandari <i>et al.</i> (2023)
Risiko non-target	Toksik pada konsentrasi tinggi	Budiarto (2022)

Berdasarkan Tabel 2, tunas liar tembakau mengandung senyawa aktif utama berupa nikotin, anabasin, dan nornikotin yang berperan sebagai insektisida alami. Senyawa tersebut bekerja secara neurotoksik dengan mengganggu reseptor asetilkolin pada sistem saraf serangga. Ekstrak tembakau dilaporkan efektif terhadap hama penghisap dan pengunyah daun seperti *aphid*, *thrips*, *whiteflies*, dan *larva Lepidoptera*. Metode ekstraksi yang paling efektif adalah ekstraksi air panas dan fermentasi karena mampu meningkatkan pelarutan senyawa aktif. Dari aspek lingkungan, pestisida nabati ini relatif mudah terurai dan meninggalkan residu rendah, namun tetap berpotensi toksik terhadap organisme non-target apabila digunakan dalam konsentrasi tinggi, sehingga diperlukan pengaturan dosis yang tepat dalam aplikasinya.

Penggunaan *pest control* organik berbahan dasar tanaman tembakau terbukti dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis (Tabel 3). Hal ini penting karena penggunaan pestisida kimia dalam jangka panjang dapat menyebabkan resistensi hama, residu toksik pada tanaman, dan penurunan biodiversitas tanah (Fitriana & Yusuf, 2021). Selain itu, pendekatan ini juga mendukung konsep *Zero Waste Agriculture*, di mana bagian tanaman yang sebelumnya dianggap limbah seperti tunas liar dimanfaatkan kembali menjadi produk bernilai tinggi (Gustavo *et al.*, 2021).

Tabel 3. Perbandingan Efektivitas Metode Ekstraksi dan Fermentasi Ekstrak *Nicotiana tabacum*

No	Metode	Konsentrasi (%)	Organisme Uji	Mortalitas (%)	Waktu Pengamatan	Keterangan
1	Ekstraksi suhu ruang	15%	<i>Aphis gossypii</i>	60–74%	24 jam	Efektivitas sedang
2	Ekstraksi air panas (60–70°C)	15–20%	<i>Aphis gossypii</i>	78–92%	24 jam	Alkaloid lebih banyak terlarut
3	Fermentasi 24 jam	20%	<i>Plutella xylostella</i> instar II	65–72%	24 jam	Pemisahan minyak belum optimal
4	Fermentasi 48 jam	20%	<i>Plutella xylostella</i> instar II	80–85%	24 jam	Efektivitas meningkat
5	Fermentasi 48 jam	25%	Serangga predator (non-target)	30–40%	24 jam	Mulai berisiko bagi non-target

Berdasarkan hasil kajian (Tabel 3), metode ekstraksi air panas dan fermentasi selama 48 jam menunjukkan tingkat mortalitas hama yang lebih tinggi dibandingkan metode ekstraksi suhu ruang. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap pelarutan senyawa aktif.

Dibandingkan dengan metode ekstraksi pada pestisida nabati lain, seperti distilasi minyak atsiri pada serai atau ekstraksi biji mimba, metode ekstraksi tembakau relatif lebih sederhana dan dapat dilakukan oleh petani secara mandiri tanpa teknologi tinggi. Meskipun demikian, kelemahannya adalah kestabilan senyawa aktif yang lebih rendah dan umur simpan yang relatif pendek.

Aspek Praktis dan Sosial-Ekonomi

Pemanfaatan tunas liar tembakau memiliki potensi tinggi untuk diterapkan pada tingkat petani karena bahan baku mudah diperoleh dan merupakan limbah dari kegiatan budidaya. Kondisi ini dapat menekan biaya produksi, terutama dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida sintetis yang relatif mahal.

Terdapat beberapa aspek sosial-ekonomi yang perlu diperhatikan. Penggunaan nikotin sebagai bahan aktif pestisida memiliki batasan regulasi di beberapa negara karena sifat toksisitasnya, baik terhadap organisme non-target maupun manusia. Oleh karena itu, penerapan pada lapangan perlu memperhatikan dosis, cara aplikasi, serta standar keamanan kerja bagi petani.

Aspek ekonomi juga menunjukkan bahwa meskipun biaya bahan baku relatif rendah, proses pembuatan seperti ekstraksi atau fermentasi memerlukan tambahan tenaga kerja. Kondisi ini menjadikan efisiensi waktu dan tenaga kerja sebagai faktor penting dalam mendukung adopsi teknologi tersebut.

Integrasi dalam Sistem Zero Waste Agriculture

Pemanfaatan tunas liar sebagai bahan pestisida nabati meningkatkan efisiensi biomassa tanaman tembakau. Limbah vegetatif yang sebelumnya dibuang dapat diolah menjadi produk bernilai tambah, sehingga mendukung prinsip seperti; minimasi limbah, efisiensi sumber daya serta peningkatan nilai ekonomi.

Penggunaan pest control berbahan tembakau lebih ramah lingkungan karena senyawa aktifnya mudah terurai dalam siklus alam dan tidak meninggalkan residu persisten seperti pestisida sintetis golongan organofosfat dan piretroid (Wulandari et al., 2023). Selain itu, petani dapat memproduksi pestisida secara mandiri dengan biaya rendah sehingga meningkatkan efisiensi usaha tani.

Secara keseluruhan, literatur mendukung bahwa transformasi tunas liar tembakau menjadi pest control organik adalah inovasi yang layak diterapkan di perkebunan skala kecil maupun besar. Meskipun demikian, diperlukan penelitian lanjutan terkait formulasi standar, konsentrasi optimal, keamanan, serta penerapan pada berbagai komoditas perkebunan agar dapat dijadikan produk komersial yang terukur dan terstandar.

Transformasi dalam Kerangka Zero Waste Agriculture

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa tunas liar tembakau yang selama ini dianggap sebagai limbah vegetatif memiliki kandungan alkaloid aktif yang setara dengan bagian daun utama, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati. Transformasi yang dimaksud dalam penelitian ini bukan sekadar pemanfaatan bahan alami, tetapi perubahan paradigma dari limbah budidaya menjadi produk pengendali hama bernilai tambah.

Secara konseptual, proses transformasi tersebut meliputi tiga tahapan utama, yaitu: pengumpulan dan pemanfaatan biomassa tunas liar, proses ekstraksi atau fermentasi untuk mengoptimalkan pelepasan senyawa alkaloid, dan aplikasi sebagai pest control organik di lahan budidaya.

Data pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa metode ekstraksi air panas dan fermentasi 48 jam menghasilkan tingkat mortalitas hama hingga 80–92%, yang menunjukkan bahwa biomassa tunas liar memiliki efektivitas insektisida yang kompetitif dibandingkan pestisida nabati lainnya. Hal ini memperkuat bahwa transformasi tersebut tidak hanya bersifat teoritis, tetapi memiliki dasar efektivitas biologis yang terukur.

Dalam perspektif zero waste agriculture, pemanfaatan tunas liar memberikan beberapa implikasi strategis, yaitu:

1. Reduksi Limbah Pertanian
Biomassa yang sebelumnya dibuang dapat dimanfaatkan kembali sehingga menekan volume limbah vegetatif di lahan.
2. Efisiensi Sumber Daya
Seluruh bagian tanaman memiliki fungsi ekonomi, sehingga meningkatkan efisiensi sistem produksi.
3. Nilai tambah Ekonomi
4. Petani dapat memproduksi pest control secara mandiri dengan biaya rendah tanpa ketergantungan penuh pada pestisida sintetis.
5. Dukungan terhadap Pertanian Berkelanjutan
Senyawa alkaloid tembakau relatif mudah terurai dan tidak bersifat persisten di lingkungan, sehingga lebih selaras dengan prinsip agroekologi.

Transformasi tunas liar tembakau menjadi *pest control* organik tidak hanya berfungsi sebagai alternatif teknis pengendalian hama, tetapi juga merupakan inovasi sistemik yang mengintegrasikan aspek biologis, ekologis, dan ekonomi dalam satu kerangka *zero waste agriculture*. Untuk mencapai tahap komersialisasi, diperlukan standarisasi formulasi, penetapan dosis aman, serta uji efektivitas lapangan pada berbagai komoditas perkebunan agar inovasi ini dapat diterapkan secara luas dan berkelanjutan.

Terlepas dari potensi yang signifikan, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama karena sebagian besar data berasal dari studi laboratorium dan belum sepenuhnya mencerminkan kondisi lapangan. Selain itu, variasi metode penelitian antar studi menyebabkan sulitnya melakukan generalisasi hasil secara kuantitatif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang lebih terarah untuk menguji efektivitas di kondisi lapangan serta memastikan konsistensi hasil yang diperoleh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, tunas liar tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) terbukti memiliki kandungan senyawa alkaloid utama seperti nikotin, anabasin, dan nornikotin yang berpotensi sebagai insektisida nabati. Senyawa tersebut bekerja melalui mekanisme neurotoksik dengan mengganggu reseptor asetilkolin pada sistem saraf serangga sehingga menyebabkan kelumpuhan dan kematian hama sasaran.

Sintesis berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ekstraksi air panas dan fermentasi mampu meningkatkan efektivitas pelarutan senyawa aktif, dengan tingkat mortalitas hama penghisap dan pengunyah daun mencapai kategori tinggi pada konsentrasi tertentu.

Pemanfaatan tunas liar yang selama ini dianggap limbah vegetatif dalam praktik budidaya tembakau sejalan dengan prinsip zero waste agriculture karena mampu mengoptimalkan biomassa tanaman menjadi produk bernilai guna sebagai pest control organik. Namun demikian, aspek keamanan terhadap organisme non-target serta standarisasi formulasi masih memerlukan kajian lanjutan sebelum diaplikasikan secara luas di lapangan.

Dengan demikian, transformasi tunas liar tembakau menjadi pestisida nabati tidak hanya berpotensi sebagai alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan, tetapi juga mendukung sistem pertanian berkelanjutan berbasis efisiensi sumber daya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, F., Yuni, SR., Ulfi, F. (2015). Efektivitas Kombinasi Filtrat Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum*) dan Filtrat Daun Paitan (*Thitonia diversifolia*) sebagai Pestisida Nabati Hama Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius*) pada Tanaman Padi. *LenteraBio*, 4(1), 25–31.
- Budiarto, H. (2022). *Keamanan Pestisida Nabati dalam Sistem Pertanian Organik*. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 9(2), 45–53.
- Fitriana, D., & Yusuf, R. (2021). Dampak Penggunaan Pestisida Sintetis terhadap Lingkungan dan Alternatif Solusinya. *AgroLife Journal*, 17(4), 120–131.
- Goodman, R. M. (2016). Tobacco production and management practices. *Crop Science Journal*, 56(3), 1234–1245.
- Gokok, S. (2017). Uji Toksisitas Bioinsektisida Ekstrak Metanol Buah Bintaro (*Cerbera odollam* L.) terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) pada Pakan Daun Tomat. *Skripsi*, 23–24.
- Gustavo, R., Martinez, L., & Silva, P. (2021). Zero waste agriculture: Sustainable biomass utilization in crop systems. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123456.
- Isman, M. B. (2020). Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233–249.
- Khalalia, R. (2016). Uji Daya Bunuh Granul Ekstrak Limbah Tembakau (*Nicotianae Tabacum* L.) terhadap Larva *Aedes Aegypti*. *Unnes Journal of Public Health*, 3(1), 1–10.
- Khater, H. F. (2012). Prospects of Botanical Biopesticides in Insect Pest Management. *Pharmacologia*, 3(12), 641–656.
- Kumar, P., Singh, R., & Verma, A. (2021). Alkaloid-based plant extracts as eco-friendly insecticides: Mechanisms and applications. *Industrial Crops and Products*, 170, 113729.
- Paramawati, R. (2016). Analisis kandungan saponin dan klasifikasinya berdasarkan struktur aglikon. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 3(2), 45–52.
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In *Integrated Pest Management* (pp. 47–71).
- Rahmawati, T., Sari, L., & Nugroho, A. (2022). Potensi Nikotin sebagai Insektisida Nabati. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 18(1), 45–53
- Rattan, R. S. (2018). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, 105, 78–90.
- Sharma, Y. Dua, D. Nagar, A. Srivastava, N. (2016). Antibacterial activity, phytochemical screening and antioxidant activity of stem of *Nicotiana tabacum*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(3), 1156–1167.
- Siswoyo, E., Masturah, R., Fahmi, N. (2018). Bio-Pestisida Berbasis Ekstrak Tembakau dari Limbah Puntung Rokok untuk Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 94–99.
- Supriadi, A. (2023). Mekanisme Senyawa Nikotin terhadap Sistem Saraf Serangga. *Journal of Agricultural Research*, 11(3), 50–64.
- Wulandari, F., Pratama, R., & Dewi, S. (2023). Degradasi Senyawa Pestisida Nabati dalam Tanah. *Eco Farming Journal*, 10(1), 21–30.