

BIOEKOLOGI DAN STRATEGI PENGENDALIAN HAMA *Heortia vitessoides* Moore (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) PADA TANAMAN MAHKOTA DEWA (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.)

Rohimatus¹⁾ dan Mahindra Dewi Nur Aisyah²⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

²⁾Alumni Departemen Proteksi Tanaman IPB. Jalan Kamper, Kampus Dramaga, IPB Bogor 16680
E-mail: ima.faizfatin@gmail.com

Mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.) merupakan salah satu tanaman herbal yang berasal dari Indonesia. Tanaman ini memiliki beragam manfaat, antara lain sebagai antiploriferasi, antioksidan, antiinflamasi, serta untuk pengawetan kayu terhadap serangan rayap kayu kering. Permintaan buah ataupun simplisia mahkota dewa mendorong adanya perbaikan budidaya. *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) merupakan salah satu hama yang dilaporkan menyerang mahkota dewa. Serangan *H. vitessoides* menyebabkan defoliiasi (penggundulan pohon) berulang yang berisiko menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan kematian.

Kata kunci: bioekologi, defoliiasi, *Heortia vitessoides*, mahkota dewa, serangan

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai jenis tanaman obat, salah satunya adalah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.) atau yang juga disebut *makuto dewo*, *makuto rojo*, *makuto ratu* (Jawa Tengah), *raja obat*, *mahkota raja*, *mahkota ratu* (Banten), *obat dewa*, *pau* (obat pusaka) atau *crown of god*. Tanaman mahkota dewa adalah tanaman asli Papua, Indonesia (Dalimartha, 2004). Daun dan buah mahkota dewa mengandung metabolit sekunder, seperti alkaloid, saponin, flavonoid, dan polifenol yang memiliki beberapa manfaat dalam pengobatan tradisional (Gotawa *et al.*, 1999; Lisdawati *et al.*, 2007). Beberapa penelitian melaporkan toksisitas kulit batangnya memiliki aktivitas antiploriferasi (Hertiani dan Pratiwi, 2002), antioksidan, antiinflamasi, dan sitotoksitas (Hendra *et al.*, 2011; Astuti *et al.*, 2007), serta untuk pengawetan kayu kelapa dengan metode rendaman dingin terhadap serangan rayap kayu kering (Swandana, 2010).

Pentingnya khasiat dari mahkota dewa ini mendorong upaya budidaya

tanaman secara intensif melalui perbaikan teknik budidaya untuk mencapai produksi buah yang tinggi. Peningkatan produksi buah akan meningkatkan sediaan herbal (simplisia) sebagai bahan baku obat. Proses penyediaan bahan tanaman yang berkualitas baik dengan kemampuan pertumbuhan yang tinggi merupakan proses yang sangat penting untuk menghasilkan buah yang berkualitas baik (Mutmainna *et al.*, 2017). Namun, penyediaannya sering terkendala serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), salah satunya serangga hama.

Salah satu permasalahan hama dalam budidaya mahkota dewa adalah serangan serangga *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) (Emilia, 2013). *H. vitessoides* juga merupakan hama yang sangat serius bagi gaharu *Aquilaria malaccensis* Lamk. (Kuntadi dan Irianto, 2018; Kuntadi *et al.*, 2016). Keduanya termasuk dalam Famili Thymelaeaceae.

Fase merusak *H. vitessoides* adalah larva. Serangan berat larva dapat menyebabkan tanaman mengalami defoliiasi (penggundulan pohon) dalam jumlah banyak hingga penggundulan seluruh daun (*complete defoliation*) yang dampaknya dapat menurunkan proses fotosintesis (Jacquet *et al.*, 2012; Simmons *et al.*, 2014). Ngengat (fase imago/dewasa) *H. vitessoides* mampu berkembang dalam beberapa generasi selama satu tahun sehingga serangan dan defoliiasi yang berulang berisiko menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan kematian (Qiao *et al.*, 2012; Islam *et al.*, 2014; Lestari dan Darwiati, 2014). Tulisan ini memaparkan bioekologi, gejala serangan, dan strategi pengendalian *H. vitessoides* pada tanaman mahkota dewa.

BIOLOGI

Siklus Hidup

Serangga *H. vitessoides* tergolong dalam tipe metamorfosis holometabola (sempurna), terdiri atas fase telur-larva-pupa-imago/dewasa.

Keseluruhan siklus hidupnya pada tanaman mahkota dewa adalah 32-34 hari (Emilia 2013). *H. vitessoides* mampu menghasilkan keturunan sebanyak empat sampai lima generasi yang tumpang tindih (*overlapping*) (Rishi *et al.*, 2016), bahkan sampai tujuh hingga delapan generasi setiap tahun di wilayah Cina bagian selatan (Cheng *et al.*, 2018).

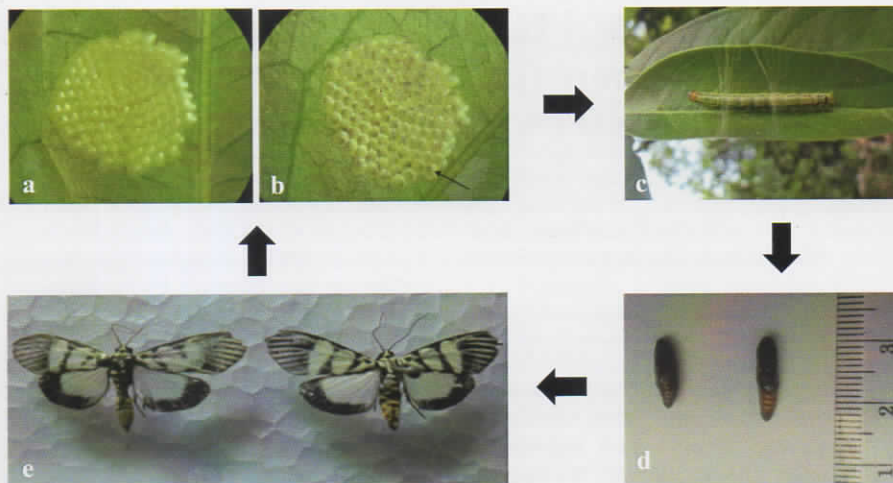
Telur. Telur *H. vitessoides* berwarna kuning pucat berbentuk bulat pipih, seperti sisik dan saling bertumpuk di dalam kelompok telur (Gambar 1). Telur berada di permukaan bawah daun. Jumlah satu kelompok telur berkisar 103-314 butir dengan rata-rata $189,88 \pm 78,97$ butir. Diameter telur rata-rata 1,08 mm dan akan menetas setelah 3,75 hari. Telur yang akan menetas ditandai dengan adanya bintik hitam yang merupakan bakal kepala larva (Emilia, 2013). Daya tetas telur untuk setiap kelompok telur yang dihasilkan ngengat betina juga relatif tinggi, >95% (Qiao *et al.*, 2012).

Larva. Larva *H. vitessoides* terdiri atas empat instar. Semakin bertambah instar larva maka ukurannya juga bertambah. Secara keseluruhan, rata-rata stadium perkembangan larva *H. vitessoides* adalah 18,00 hari (Tabel 1). Larva yang baru keluar dari telur berwarna hijau muda transparan dan kepala berwarna merah kecokelatan. Pada setiap ruas tubuh larva terdapat sepasang bintik hitam yang ditumbuhi rambut-rambut halus. Larva instar II berwarna hijau muda, tidak transparan dengan kepala berwarna cokelat. Perilaku saat makan larva instar I dan II adalah berkelompok (gregarius). Seluruh tubuh larva instar III berwarna hijau, namun bagian ventral (bagian bawah) berwarna kuning kehijauan dan kepala berwarna cokelat kemerahan. Larva instar IV berwarna hijau daun dan terdapat garis hitam dan kuning membujur pada kedua sisi tubuhnya (Emilia, 2013).

Pada saat makan, larva membuat semacam pelindung, dengan cara mengikatkan bagian sisi daun dengan benang putih halus yang dikeluarkan dari mulutnya. Benang ini berasal dari

kelenjar ludah yang berkembang dengan baik dan bermuara pada labium (Borror *et al.*, 1996). Fase larva merupakan fase terpanjang dalam siklus perkembangbiakan *H. vitessoides*, sekitar 18,00 hari pada tanaman mahkota dewa (Emilia, 2013) dan menjadi fase paling aktif merusak tanaman. Larva mampu memakan daun dan kulit ranting pada berbagai tingkat umur pada pohon gaharu (Kuntadi *et al.*, 2016).

Pupa. Menjelang fase pupa didahului dengan masa prapupa. Tubuh larva pada prapupa berwarna kuning kecokelatan. Masa prapupa terjadi satu sampai dua hari, ditandai dengan menurunnya aktivitas makan dan bergerak. Pupa yang baru terbentuk berwarna cokelat muda, sedangkan yang akan menjadi imago terlihat lebih gelap daripada saat awal terbentuk. Kemudian pupa akan berubah menjadi cokelat tua dan mengkilap. Pupa bertipe obteka (= embelan bakal sayap dan tungkai menyatu dengan tubuh). Saat di lapang, pupa berada di dalam serasah daun di bawah pohon mahkota dewa. Pupa betina berukuran lebih panjang dibandingkan dengan pupa jantan (Gambar 1d). Ukuran rata-rata panjang dan lebar pupa jantan, masing-masing 12,40 mm dan 0,40 mm, sedangkan pupa betina 12,60 mm dan 0,20 mm (Tabel 1). Stadium pupa berkisar berlangsung selama tujuh sampai delapan hari (Emilia, 2013).



Gambar 1. Perkembangan *H. vitessoides*. (a) telur yang baru diletakkan oleh imago betina; (b) telur yang akan menetas, terdapat bintik hitam yang ditunjukkan oleh tanda panah; (c) larva; (d) pupa jantan (kiri) dan pupa betina (kanan); (e) imago jantan (kiri) dan imago betina (kanan) (Sumber: Emilia, 2013)

berwarna putih, terdapat pola yang berwarna hitam dengan garis-garis putih. Pinggiran sayap berwarna hitam (Gambar 1e). Tubuh dan rentang sayap imago betina lebih panjang daripada jantan. Lama hidup betina lebih panjang daripada jantan (Tabel 1) (Emilia, 2013).

KISARAN TANAMAN INANG DAN SEBARAN

H. vitessoides termasuk golongan serangga herbivora yang hanya makan jenis tumbuhan kelompok famili tertentu

yang serius pada *Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte, *Aquilaria malaccensis* Lam. dan *Aquilaria sinensis* Gilg. serta *Gyrinops verstegii* (Gilg) Domke yang umum ditanam di Indonesia (Syazwan *et al.*, 2019)

Wilayah sebaran serangga ini, meliputi India, Nepal, China, Sri Lanka dan seluruh wilayah Asia Tenggara, Queensland (Australia), hingga Fiji (Qiao *et al.*, 2012; Saikia dan Shrivastava, 2015) dan beberapa wilayah lainnya (Gambar 2). Di Indonesia, *H. vitessoides* umum disebut dengan hama ulat gaharu. *Outbreak* hama ini di Indonesia dimulai sejak tahun 2005, dalam perkembangannya telah mengakibatkan kerusakan tanaman gaharu di berbagai daerah di Indonesia (Kuntadi dan Irianto, 2018), seperti di Sanggau (Kalimantan Barat), Carita (Banten), Bogor (Jawa Barat), Mataram (NTB), Sumatera, Kalimantan, Jawa, hingga pulau Lombok (Irianto *et al.*, 2011; Sitepu *et al.*, 2011; Kuntadi *et al.*, 2016). Xu *et al.* (2020) menyatakan distribusi potensial hama ini berada di berbagai wilayah dengan ketinggian < 1000 m dpl.

GEJALA SERANGAN

Siklus hidup *H. vitessoides* yang relatif pendek menyebabkan munculnya beberapa generasi baru yang saling tumpang tindih pada suatu area pertanaman sehingga menyebabkan peningkatan potensi serangan dan kerusakan pada tanaman. Serangan serangga hama ini terjadi sepanjang tahun dengan serangan berat pada musim kemarau, yakni antara bulan Juli-September. Peningkatan jumlah pohon

Tabel 1. Stadia, rata-rata ukuran, dan waktu perkembangan *H. vitessoides*

Stadia	Rata-rata ukuran (mm)		Waktu (hari)	
	Panjang tubuh	Lebar tubuh	Lebar kepala	
Telur		1,08		3,75
Larva				18,00
Instar I	7,23	1,08	1,11	5,55
Instar II	14,88	1,99	1,43	4,60
Instar III	17,85	2,13	2,06	4,45
Instar IV	24,48	3,44	2,38	3,40
Pupa				7,75
Jantan	12,40	0,40		
Betina	12,60	0,20		
Imago				
Jantan	29,70	19,00	3,90	
Betina	32,60	19,00	4,20	

Sumber: Emilia (2013)

Imago. Imago *H. vitessoides* yang keluar dari pupa berupa ngengat dengan tubuh berwarna cokelat kelabu pada bagian kepala dan pada bagian abdomen berwarna kuning dengan beberapa garis melintang berwarna hitam. Dasar sayap

(oligofag) (Qiao *et al.*, 2012). Tanaman inang *H. vitessoides* adalah tanaman gaharu, yaitu genus *Aquilaria* Lam. dan *Gyrinops* Gaertn., serta mahkota dewa (*P. macrocarpa*) yang berasal dari Famili Thymelaeaceae (Hariri dan Indriyati, 2011). *H. vitessoides* merupakan hama



Gambar 2. Peta persebaran *H. vitessoides* (Sumber: Xu *et al.*, 2020)

yang terserang pada musim kemarau rata-rata 13-17%, dengan intensitas tertinggi pada tingkat *seedling* (Kuntadi *et al.*, 2016) dan pancang atau pohon yang masih muda (*padding*) (Kuntadi dan Irianto, 2018).

Serangan ulat mengakibatkan kerusakan daun dengan berbagai tingkat defoliiasi. Beberapa tahapan kerusakan dilaporkan oleh Kalita *et al.* (2002) bergantung dengan fase serangga (Tabel 2). Hasil penelitian Qiao *et al.* (2012) menunjukkan setiap individu ulat mampu mencerna daun gaharu rata-rata sebesar 1,17 cm² pada instar I; 3,53 cm² pada instar II; 3,76 cm² pada instar III; 8,74 cm² pada instar IV; dan 31,98 cm² pada instar V.

Defoliiasi akibat serangan ulat pada tanaman gaharu berisiko menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan sampai kematian, apabila secara fisiologis tanaman tidak mampu lagi menumbuhkan daun (*re-foliation*). Pada gaharu, kematian tanaman tidak hanya pada tingkat semai dan pancang, tetapi juga pada tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi. Di Sumatera Utara, serangan ulat gaharu menyebabkan kematian sejumlah tanaman gaharu tingkat tiang dan pohon (Kuntadi dan Irianto, 2018).




FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI PERKEMBANGAN *Heortia vitessoides*

Iklim sangat berpengaruh terhadap persebaran *H. vitessoides*. Faktor yang paling berpengaruh adalah curah hujan dan suhu (Xu *et al.*, 2020). Curah hujan memengaruhi distribusi, proses oviposisi, penetasan sampai dengan pembentukan imago, perkawinan *H. vitessoides* serta status pertumbuhan *A.*

Serangan paling berat *H. vitessoides* yang terjadi di Indonesia pada musim kemarau. Hal ini mendukung keberhasilan individu serangga dalam berkembang biak, terutama pada fase pupa. Pada saat hujan, tanah menjadi lembap dan suhu turun sehingga pupa tidak berkembang dengan baik (Kuntadi dan Irianto, 2016). Wen *et al.* (2016) membuktikan pada kondisi substrat tanah yang sangat basah (tingkat kejenuhan > 80%) larva instar akhir *H. vitessoides* hanya sedikit yang mampu menyelesaikan stadia pupa.

Selain faktor iklim, ketersediaan makanan menjadi faktor penting bagi serangga herbivora, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Berdasarkan gejala yang ditemukan,

Tabel 2 Fase larva dan gejala kerusakan yang disebabkan oleh larva *H. vitessoides*

Fase larva		Kerusakan tanaman pada tingkat semai
Instar I		<ul style="list-style-type: none"> ♦ Larva memiliki kebiasaan makan mengerat jaringan epidermis daun muda ♦ Tingkat kerusakan sangat ringan. Daun muda layu dan mengering
Instar II		<ul style="list-style-type: none"> ♦ Larva akan memakan daun muda pada satu atau dua ranting terdekat ♦ Kerusakan yang terjadi berupa defoliiasi ringan. ♦ Pucuk daun pada satu atau lebih ranting yang berdekatan habis
Instar III		<ul style="list-style-type: none"> ♦ Larva memakan seluruh bagian dari daun ♦ Kerusakan akibat aktivitas makan larva sedang. ♦ Defoliiasi pada beberapa ranting tanaman
Instar IV		<ul style="list-style-type: none"> ♦ Ulat menyebar dan makan seluruh bagian daun, termasuk daun tua ♦ Mengakibatkan kerusakan berat ♦ Tanaman dapat kehilangan sebagian besar hingga seluruh daun
Instar V		Ulat berhenti makan dan turun ke tanah untuk berpupa di bawah permukaan tanah atau di dalam seresah

Sumber: *: Emilia (2013); **: dokumentasi pribadi (2020).

sinensis (Lance *et al.*, 2017; Salgado dan Saastamoinen, 2019). Perubahan iklim yang saat ini terjadi dapat berpengaruh terhadap peningkatan suhu dan hujan di masa mendatang dan kestabilan struktur ekologi serta diversitas suatu lingkungan (Parmesan dan Yohe, 2003). Hal ini dapat menyebabkan distribusi dan kesesuaian wilayah *H. vitessoides* menjadi lebih luas.

serangan yang terjadi di lapangan menunjukkan ulat lebih menyukai daun yang lebih muda dibandingkan dengan yang tua. Daun muda *A. sinensis* mengandung volatil hijau daun [heksanal, 2-heksanol, (Z)-3-heksenil asetat, dan (Z)-3-heksen-1-ol], tiga aldehid (oktanal, nonanal, dan dekanal), terpenoid (limonen), dan hydrocarbon (2,6,10-trimetil-dodekan). Senyawa-

senyawa tersebut hanya terkandung di daun muda. Hal ini memengaruhi perilaku dan aktivitas *H. vitessoides* (Qiao *et al.*, 2012). Selain itu, daun muda lebih mudah untuk dicerna serta mengandung nutrisi dan konsentrasi air tinggi, yang sangat mendukung perkembangan larva muda (Bergstrom *et al.*, 1994).

Sistem pertahanan daun muda dan tua menjadi faktor yang penting dalam pengenalan tanaman inang. Terdapat dua sistem pertahanan dasar yang dihubungkan dengan umur daun. Daun tua sering memiliki konsentrasi pertahanan kuantitatif yang tinggi. Adanya senyawa metabolit sekunder, seperti tannin dan resin, serta adanya silika yang sering ditemukan pada jaringan tanaman tua dapat menurunkan daya cerna larva. Sebaliknya, daun muda sering memiliki pertahanan kualitatif karena mengandung alkaloid, minyak mustard, pirethrin, dan beberapa senyawa kimia pada konsentrasi yang tinggi. Karena terbatasnya jumlah tanaman inang bagi serangga monofag dan oligofag, mereka lebih memilih untuk beradaptasi terhadap pertahanan kualitatif (kandungan senyawa metabolit sekunder yang berada pada tanaman) (Cates, 1980).

STRATEGI PENGENDALIAN

Upaya pengendalian perlu dilakukan sejak dini meskipun tingkat serangan masih rendah. Pada tahap awal pengendalian harus dilakukan secara terus-menerus, mengingat serangga betina mampu menghasilkan ratusan individu. Pengendalian secara terus-menerus selama enam bulan berturut-turut mampu menurunkan tingkat serangan yang semula berat (Kuntadi *et al.*, 2016). Monitoring serangan hama adalah salah satu langkah penting dalam tahapan atau proses pengendalian suatu hama (Orr, 2009). Terdapat beberapa pengendalian yang dapat dilakukan untuk *Heortia* sp., diantaranya

1. Pengendalian secara fisik dan mekanik

Setiap serangga betina mampu menghasilkan ratusan butir telur dan setiap butir telur berpotensi berkembang menjadi indukan baru apabila mampu menyelesaikan seluruh tahapan dalam siklus hidup Ordo Lepidoptera (Kuntadi dan Irianto, 2018). Oleh karenanya, mengambil daun yang terdapat telur dapat mengurangi potensi kerusakan diakibatkan oleh telur yang menetas menjadi larva.

2. Budidaya tanaman yang beragam

Pertanaman gaharu pada lahan yang lebih terbuka (kerapatan tegakan dan tumbuhan bawah yang rendah) cenderung lebih rentan terserang *H. vitessoides* (Kuntadi *et al.*, 2016). Penanaman berbagai jenis pohon, selain tanaman pokok, merupakan salah satu alternatif pengendalian yang dapat dilakukan. Menurut Niccoli *et al.* (2008), keberadaan jenis tumbuhan lain (*non host species*) juga dapat menjadi faktor penghalang secara kimiawi bagi serangga tertentu untuk menemukan tumbuhan inangnya. Bagi serangga herbivora, senyawa volatil tumbuhan merupakan unsur yang sangat penting untuk dapat mengarahkan dan menemukan tumbuhan inang yang tepat sehingga dapat dijadikan tempat bertelur, makan, dan kawin (Hussain, 2013; Lu *et al.*, 2014). Berbagai aroma senyawa volatil pada lingkungan dengan keragaman jenis tumbuhan menghambat dalam pengenalan inang (Hussain, 2013). Peran senyawa volatil menjadi penting bagi *H. vitessoides* yang merupakan serangga dengan inang terbatas. Pengendalian menggunakan teknik silvikultur juga sudah dikenal oleh petani. Teknik silvikultur dilakukan dengan cara menyeleksi bibit yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap hama dan penyakit, pemangkasan dan penjarangan tanaman, serta pemusnahan bagian tanaman yang terserang hama dan penyakit (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

3. Pengendalian secara biologi (musuh alami)

a. Predator

Menurut Mele (2008), pada mahkota dewa di lapang ditemukan semut rangrang *Oecophylla smaragdina* Fabricius (Hymenoptera: Formicidae) yang menjadi predator. Predator lainnya yang menyerang larva *H. vitessoides* adalah kepik dari genus *Sycanus* Amyot dan Serville, misalnya *Sycanus dichotomous* Stal. (Hemiptera: Reduviidae) (Sajap, 2013).

b. Parasitoid

Trichogramma pintoi Voegelé (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adalah kandidat parasitoid yang berpotensi sebagai biokontrol melalui

pelepasan inundatif terhadap *H. vitessoides* di Cina (Zhen *et al.*, 2020). Sajap (2013) juga menemukan parasitoid dari Famili Braconidae pada pengamatan biologi *H. vitessoides* yang dikumpulkan dari lapangan.

c. Entomopatogen

Pengendalian larva dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri *Bacillus thuringiensis* Beliner atau cendawan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Mele 2008). Lestari dan Surayanto (2012) menyatakan bakteri *B. thuringiensis* dapat menyebabkan kematian larva *H. vitessoides* sebesar 100%. Selain itu, Rishi *et al.* (2016) melaporkan cendawan *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin juga efektif dalam menekan serangan *H. vitessoides*.

4. Pengendalian secara kimiawi

Pengendalian secara kimia dilakukan ketika teknik yang lain sudah tidak dapat mengendalikan populasi *H. vitessoides*. Pengendalian dapat dilakukan dengan menggunakan pestisida nabati maupun kimia sintetik. Penggunaan ekstrak biji mimba konsentrasi 4% mampu memberikan efek mortalitas 100% pada larva *H. vitessoides* (Lestari dan Darwiati, 2014). Selain pestisida nabati, pestisida kimia sintetik juga dapat digunakan sebagai alternatif terakhir untuk mengendalikan ulat *H. vitessoides*. Beberapa bahan aktif, seperti malathion, sipermetrin (Islam *et al.*, 2014), avermetin (Liang *et al.*, 2019; Chen *et al.*, 2012), spinosad, dan triklorfon dapat diaplikasikan di lapangan untuk mengendalikan serangan ulat ini (Chen *et al.*, 2012).

PENUTUP

Serangga *H. vitessoides* merupakan hama yang penting bagi tanaman mahkota dewa. Fase larva dari *H. vitessoides* dapat menyebabkan defoliasi dalam berbagai tingkat, mulai dari ringan hingga berat (penggundulan seluruh daun). Dalam satu tahun serangga ini mampu menghasilkan empat sampai delapan generasi per tahun yang tumpang tindih. Serangan *H. vitessoides* dapat terjadi sepanjang tahun, dengan puncak serangan di musim kemarau (Juli-September). Keadaan ini menyebabkan peningkatan potensi serangan dan kerusakan tanaman

mahkota dewa. Pengendalian yang dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti fisik, mekanis, musuh alami, dan pestisida (nabati dan kimia).

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti E, Raharjo TJ, dan Eviane D. 2007. Cytotoxicity of *Phaleria macrocarpa* (Scheff) Boerl fruit flesh and seed extract of ethanol and its effect against P53 and Bcl-2 genes expression of normal cell. *Proceedings of International Conference on Chemical Sciences*. Yogyakarta. pp 1-4.
- Bergström G, Rothschild M, Groth I, dan Crichton C. 1994. Oviposition by butterflies on young leaves: Investigation of leaf volatiles. *Chemoecology*. 5: 147-158.
- Borror DJ, Triplehorn CA, dan Johnson NF. 1996. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Edisi Terjemahan. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Cates RG. 1980. Feeding pattern of monophagous, oligophagous, and polyphagous insect herbivores: The effect of resources abundance and plant chemistry. *Oecologia*. 46: 22-31.
- Chen ZY, Wang L, Li DW, Li YZ, Huang XR, dan Qin CS. 2012. A screening experiment on insecticides against *Heortia vitessoides* Moore. *China Forestry Science and Technology*. 26: 117-119.
- Cheng J, Wang C-Y, Lyu Z-H, dan Lin T. 2018. Multiple glutathione S-transferase genes in *Heortia vitessoides* (Lepidoptera: Crambidae): identification and expression patterns. *Journal of Insect Science*. 18(3): 1-10. doi: [10.1093/jisesa/iey064](https://doi.org/10.1093/jisesa/iey064).
- Dalimartha S. 2004. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Seri 2*. Jakarta (ID): Puspa Swara.
- Emilia H. 2013. Biologi *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) pada Tanaman Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.) [Skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Gotawa IBI, Sugiarto S, Nurhadi M, Widiyastuti Y, Wahyono S, dan Prapti IJ. 1999. Inventaris Tanaman Obat Indonesia. Jilid V. Departemen Kesehatan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Jakarta. hlm. 147-148.
- Hariri dan Indriyati. 2011. Mortalitas, penghambatan makan dan pertumbuhan hama daun gaharu *Heortia vitessoides* Moore oleh ekstrak buah *Brucea javanica* (L.) Merr. *J. HPT Tropika*. 12(2): 119-128.
- Hendra R, Ahmad S, Oskoueian E, Sukari A, dan Shukor MY. 2011. Antioxidant, antiinflammatory and cytotoxicity of *Phaleria macrocarpa* (Boerl.) Scheff fruit. *BMC Compl Alt Med*. 11: 110-119.
- Hertiani T dan Pratiwi SUT. 2002. Uji toksisitas kulit batang makuta dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl.) terhadap *Artemia salina* Leach dan profil kromatografi lapis tipis fraksi aktif. *Majalah Farmasi Indonesia*. 13(2): 65-70.
- Hussain A. 2013. The effect of non-host plant volatiles on the reproductive behavior of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. Master's Thesis. Swedish: Swedish University of Agricultural Science.
- Irianto RSB, Santoso E, Turjaman M, dan Sitepu IR. 2011. Pests that attack gaharu yielding plants. Turjaman, M (ed.): Development of gaharu production technology, a forest community based empowerment. *Proceeding of Gaharu Workshop*. 5 November 2010. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. hlm. 89-93.
- Islam MR, Rahman MZ, dan Ashad-Uz-Zaman K. 2014. Incidence of *Heortia vitessoides* Moore (Crambidae: Lepidoptera) on *Aquilaria malaccensis* Lamk. and its control. *Bangladesh Journal of Forest Science*. 33(1&2): 27-34.
- Jacquet JS, Orazio C, dan Jactel H. 2012. Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of Forest Science*. 69: 857-866. doi: [10.1007/s13595-012-0209](https://doi.org/10.1007/s13595-012-0209).
- Kalita J, Bhattacharyya PR, dan Nath SC. 2002. *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Pyralidae) - a serious pest of agarwood plant (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Geobios*. 29(1): 13-16.
- Kuntadi dan Irianto. 2018. Dampak serangan ulat pemakan daun *Heortia vitessoides* terhadap pertumbuhan tanaman gaharu di Hutan Penelitian Carita, Provinsi Banten. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 7(1): 25-35
- Kuntadi, Ragil SB, Irianto, dan Andadari L. 2016. Dinamika serangan ulat *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) pada tanaman gaharu di Hutan Penelitian Carita, Provinsi Banten. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 13(2): 83-93. doi: [10.20886/jpht.2016.13.2.83-93](https://doi.org/10.20886/jpht.2016.13.2.83-93)
- Lance RF, Bailey P, Lindsay DL, dan Cobb NS. 2017. Precipitation and the robustness of a plant and flower-visiting insect network in a xeric ecosystem. *Journal of Arid Environments*. 144: 48-59. doi: [10.1016/j.jaridenv.2017.03.015](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.03.015).
- Lestari F dan Darwiati W. 2014. Uji efikasi ekstrak daun dan biji dari tanaman suren, mimba dan sirsak terhadap mortalitas hama ulat gaharu. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 11(3): 165-171.
- Lestari F dan Surayanto E. 2012. Efikasi *Bacillus thuringiensis* terhadap hama ulat daun gaharu *Heortia vitessoides*. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 9(4): 227-232. doi: [10.20886/jpht.2012.9.4.227-232](https://doi.org/10.20886/jpht.2012.9.4.227-232)
- Liang S, Cai J, Chen X, Jin Z, Zhang J, Huang Z, Tang L, Sun Z, Wen X, dan Wang C. 2019. Larval aggregation of *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) and evidence of horizontal transfer of avermectin. *Forests*. 10(331): 1-18. doi: [10.3390/f10040331](https://doi.org/10.3390/f10040331).
- Lisdawati V, Wiryowidagdo S, dan Kardono LBS. 2007. Isolasi dan elusidasi struktur senyawa lignan dan asam lemak dari ekstrak daging buah *Phaleria macrocarpa*. *Buletin Penelitian Kesehatan*. 35: 115-124.
- Lu PF, Qiao HL, Xu ZC, Cheng J, Zong SX, dan Luo YQ. 2014. Comparative analysis of peach and pear fruit volatiles attractive to the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. *Journal of Plant Interactions*. 9(1): 388-395.
- Mele PV. 2008. A historical review of research on the weaver ant *Oecophylla* in biological control. *Agri and Forest Entomol*. 10: 13-22.
- Mutmainna, Sahiri N, dan Adrianton. 2017. Pertumbuhan bibit mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* L.) pada berbagai komposisi media tanam. *e-J Agrotekbis*. 5(2): 196-203.
- Niccoli A, Panzavolta T, Marziali L, Sabbatini PG, Tellini FG, dan Tiberi R. 2008. Further studies on the role of monoterpenes in pine host selection and oviposition of *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*. 36: 313-321.
- Orr D. 2009. Biological control and integrated pest management. Dalam: Peshin & Dhawan (eds.): *Integrated Pest Management: Innovation Development Process*. Volume 1. Springer. Pp. 207-239.
- Parnesan C dan Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. 421: 37-41. doi: [10.1038/nature01286](https://doi.org/10.1038/nature01286).
- Qiao HL, Lu PF, Chen J, Ma WS, Qin RM, dan Li XM. 2012. Antennal and behavioural responses of *Heortia vitessoides* females to host plant volatiles of *Aquilaria sinensis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 143(3): 269-279.
- Rishi RR, Pandey DrS, dan Kumar R. 2016. Management of *Heortia vitessoides* Moore.: a major insect pest of *Aquilaria malaccensis* Lamk. in North East India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 4(6): 335-338.
- Saikia M dan Shrivastava K. 2015. Biological control of *Heortia vitessoides* Moore, the most serious insect defoliator of *Aquilaria malaccensis* Lamk., a commercially important tree species of Northeast India. *Annals of Biological Research*. 6(5): 26-32
- Sajap AS. 2013. Notes on *Heortia vitessoides* (Moore) (Lepidoptera: Crambidae: Odontiinae), an economically potential pest of *Aquilaria malaccensis* benth in Malaysia. *Serangga*. 18(1): 65-73.

- Salgado AL dan Saastamoinen M. 2019. Developmental stage-dependent response and preference for host plant quality in an insect herbivore. *Animal Behaviour*. 150: 27-38. doi: 10.1016/j.anbehav.2019.01.018.
- Setyaningrum HD dan Saparinto C. 2014. *Panduan Lengkap Gaharu*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Simmons MJ, Lee TD, Ducey MJ, Elkinton JS, Boettner GH, dan Dodds KJ. 2014. Effects of invasive winter moth defoliation on tree radial growth in Eastern Massachusetts, USA. *Insects*. 5: 301-318. doi: 10.3390/insects5020301.
- Sitepu IR, Santoso E, Siran SA, dan Turjaman M. 2011. *Fragrant Wood Gaharu: When the Wild Can No Longer Provide*. Indonesia's Work Programme for 2011 ITTI PD425/06 Rev 1(I) R&D Center for Forest Conservation and Rehabilitation, Bogor, Indonesia.
- Swandana I. 2010. Uji efikasi ekstrak biji buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* (Scheff.) Boerl) untuk pengawetan kayu kelapa (*Cocos nucifera* L.) dengan metode rendaman dingin terhadap serangan rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Light. [Skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Syazwan SA, Lee SY, Ong SP, dan Mohamed R. 2019. Damaging insect pests and diseases and their threats to agarwood tree plantations. *Sains Malaysiana*. 48(3): 497-507. doi: 10.17576/jsm-2019-4803-02.
- Wen Y, Jin X, Zhu C, Chen X, Ma T, Zhang S, Zhang Y, Zeng S, Chen X, Sun Z, Wen X, dan Wang C. 2016. Effect of substrate type and moisture on pupation and emergence of *Heortia vitessoides* (Lepidoptera: Crambidae): choice and no-choice studies. *Journal of Insect Behavior*. 29: 473-489. doi: 10.1007/s10905-016-9572-2.
- Xu D, Li X, Jin Y, Zhuo Z, Yang H, Hu J, dan Wang R. 2020. Influence of climatic factors on the potential distribution of pest *Heortia vitessoides* Moore in China. *Global Ecology and Conservation*. 23: 1-12. doi: 10.1016/j.gecco.2020.e01107.S.
- Zhen Y, Yue J-J, dan Yang C-Y. 2020. Potential use of *Trichogramma pintoi* as a biocontrol agent against *Heortia vitessoides* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*. 113(2): 654-659. doi: 10.1093/jee/toz332.