

**DAMPAK SERANGAN ULAT PEMAKAN DAUN *Heortia vitessoides* TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN GAHARU DI HUTAN PENELITIAN CARITA, PROVINSI
BANTEN**

***(The Impact of Leaf-Eating Caterpillars (*Heortia vitessoides*) Infestation on Agar Trees
in Carita Forest Research Station, Province of Banten)***

Kuntadi,* dan R.S.B. Irianto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Po. BOX. 165 Bogor, Kode Pos 16118, Jawa Barat, Indonesia
Telp. +62 2518633234; Faks. +62 2518638111

Article Info

Article History:

Received 14
September 2017;
received in revised
form 18 December
2017; accepted 01
February 2018.
Available online
since 27 March
2018

Kata kunci:

Tanaman gaharu
Heortia vitessoides
Defoliasi
Kematian tanaman

ABSTRAK

Ulat *Heortia vitessoides* Moore merupakan hama perusak daun yang utama pada tanaman gaharu. Hama ini menjadi ancaman serius bagi pertanaman gaharu yang sudah dibudidayakan secara luas di masyarakat. Serangan hama mulai terjadi di Indonesia sejak 2005, mengakibatkan kerusakan dan kematian tanaman gaharu di berbagai daerah. Untuk menentukan dampak serangan ulat gaharu, penelitian dilakukan melalui pengamatan berkala selama 3 tahun (April 2012-Maret 2015) di Hutan Penelitian Carita, Provinsi Banten. Monitoring dilakukan di tiga plot pengamatan yang mewakili tiga blok pertanaman gaharu. Setiap plot terdiri dari enam subplot permanen dan di setiap subplot terdapat 15 contoh tanaman gaharu yang diamati setiap bulan. Data dikumpulkan dan dianalisis berdasarkan pengamatan bulanan, meliputi intensitas defoliasi dan kematian tanaman. Intensitas defoliasi dinilai berdasarkan persen jumlah pohon yang mengalami kerusakan daun untuk semua tingkat defoliasi pada bulan pengamatan tertentu. Tingkat defoliasi dibagi dalam 4 kategori, yaitu ringan (defoliasi 10-25%), sedang (defoliasi 25-50%), berat (50-75%), dan berat sekali (75-100%). Tingkat kematian pohon dihitung sebagai persen jumlah pohon mati per tahun di masing-masing plot. Penelitian menunjukkan defoliasi akibat serangan ulat gaharu terjadi di ketiga plot penelitian setiap bulan sepanjang tahun dalam berbagai tingkat kerusakan. Persen jumlah tanaman yang mengalami defoliasi setiap bulan berkisar 30-70%/tahun. Persentase yang tinggi terutama terjadi pada musim kemarau hingga awal musim hujan (Juni-Desember). Defoliasi berat dan sangat berat terutama terjadi di tingkat semai dan defoliasi berat yang berulang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman, sebagian mengalami kematian. Pengawasan dan pengendalian hama sejak dini menjadi sangat penting dilakukan secara berkala untuk mencegah kerusakan tanaman gaharu semakin berat.

Keywords:

Agar tree
Heortia vitessoides
Defoliation
Tree mortality

ABSTRACT

The gregarious caterpillars of *Heortia vitessoides* Moore is a major defoliator of agar trees. The pest seriously threatens the existing agar tree plantation that has been widely cultivated in the community. Pest attacks began to occur in Indonesia since 2005, resulting in the damage and death of agar tree plants in various regions. To determine the impact of pest attack, a study was conducted through periodic monitoring at agar plantation in Carita Forest Research Station (CFRS), Banten Province, from April 2012 to March 2015. Monitoring was conducted in three plots of agar plantations. Each plot consists of six permanent subplots and in each subplot 15 samples of agar tree were randomly chosen. Data were collected and analyzed on monthly basis according to the intensity of defoliation and the mortality of agar trees. Defoliation intensity was determined by the percentage number of trees suffering defoliation in four damage categories, i.e.: light (10-25%), moderate (25-50%), heavy (50-75%), and severe (75-100%). Tree mortality was calculated as the annual percentage of dead trees. The study showed that the defoliation occurred throughout the year in varying degrees of damage. The monthly percentage of defoliated trees is about 30-70% annually. The high percentage of tree defoliation mainly occurs during dry and early rainy season (June-December). Higher percentage of heavy and severe defoliations were found mostly at seedling. Repeated heavy defoliation causes stunted growth and tree mortality. Early monitoring and control of pests are very important to be done regularly to prevent the damage wider and heavier.

* Corresponding author. Tel.: +62 81287648363
E-mail address: kuntadi10@yahoo.com (Kuntadi)

I. PENDAHULUAN

Gubal gaharu telah lama menjadi komoditas ekspor hasil hutan Indonesia dengan nilai jual yang tinggi. Sebagai salah satu negara produsen utama gaharu alam, Indonesia hanya mampu mengekspor gubal gaharu sebesar 154,6 ton per tahun atau sekitar 35% dari kuota yang ditetapkan pada tahun 2001-2010 (Maryani, 2011). Tidak terpenuhinya kuota ekspor disebabkan oleh semakin sulitnya mendapatkan gaharu alam dari hutan.

Harga jual yang tinggi dan kelangkaan pohon gaharu di hutan alam telah mendorong berkembangnya usaha budidaya gaharu secara mandiri (Siburian *et al.*, 2015). Minat masyarakat semakin tumbuh sejak ditemukan teknologi rekayasa produksi gaharu melalui inokulasi jamur pembentuk gubal gaharu. Saat ini, pohon gaharu telah ditanam masyarakat di sebagian besar wilayah Indonesia, baik dalam skala kecil maupun besar, dan dalam pola monokultur atau sebagai tanaman sela di antara tanaman perkebunan (Turjaman & Hidayat, 2017).

Kendala utama yang mengancam pertanaman gaharu adalah hama ulat daun *Heortia vitessoides* Moore. Hama ini dilaporkan telah menyerang di banyak daerah di Sumatera, Kalimantan, Jawa hingga pulau Lombok (Sitepu *et al.*, 2011). *Outbreak* hama ulat gaharu di Indonesia dimulai sejak tahun 2005 dan dalam perkembangannya telah mengakibatkan kerusakan tanaman gaharu di berbagai daerah. Ulat gaharu memangsa daun dan kulit ranting pada semua jenis dan berbagai tingkat umur pohon gaharu. Serangan berat tidak jarang menyebabkan tanaman mengalami defoliasi (kehilangan daun) dalam jumlah yang banyak hingga penggundulan seluruh daun (*complete defoliation*), yang dampaknya akan menurunkan proses fotosintesis akibat berkurangnya jumlah daun secara signifikan (Jacquet *et al.*, 2012; Simmons *et al.*, 2014). Ngegat *H. vitessoides* mampu berkembang dalam beberapa generasi selama satu tahun, sehingga serangan dan defoliasi yang berulang beresiko menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan kematian (Qiao *et al.*, 2012; Islam *et al.*, 2014; Lestari & Darwiati, 2014). Gangguan pertumbuhan gaharu akan berefek pada berkurangnya produksi resin yang merupakan produk utama tanaman gaharu (Islam *et al.*, 2014; Turjaman *et al.*, 2016).

Heortia vitessoides adalah jenis ngegat dari famili Crambidae dan termasuk golongan serangga oligofagus karena tanaman inangnya terbatas pada tanaman gaharu (*Aquilaria* sp., *Gyrinops* sp.) dan mahkota dewa (*Phaleria* sp.) (Hariri & Indriyati, 2011; Agustina, 2012; Saikia & Shrivastava, 2015). Seekor ngegat betina *H. vitessoides* mampu menghasilkan ratusan butir telur, berkisar antara 350-550 (Kalita *et al.*, 2002; Islam *et al.*, 2014),

yang diletakkan secara berkelompok di bawah permukaan daun yang masih muda. Larva yang dihasilkan akan berkembang melalui lima instar (fase perkembangan ulat di antara waktu pergantian kulit) dan aktif memangsa semua bagian daun. Aktivitas makan yang tinggi dari larva *H. vitessoides* menjadikannya sebagai hama yang paling serius bagi tanaman inang (Hariri, 2012; Chowdhury, 2014). Dalam banyak kasus, kerusakan tanaman akibat serangan ulat gaharu lebih banyak terjadi pada tingkat semai (*seedling*), namun demikian tidak sedikit pula laporan yang menyebutkan bahwa ulat gaharu menyerang tanaman gaharu dengan tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi (Islam *et al.*, 2014; Saikia & Shrivastava, 2015; Kuntadi *et al.*, 2016; Rishi *et al.*, 2016).

Serangan ulat *H. vitessoides* dilaporkan terjadi di Hutan Penelitian (HP) Carita, Provinsi Banten, tahun 2008 (Irianto *et al.*, 2010; Siburian *et al.*, 2015). Kuntadi *et al.* (2016) telah mengamati dinamika serangan ulat gaharu di HP Carita, namun belum melaporkan bagaimana tingkat kerusakan pertanaman gaharu yang diakibatkan oleh ulat gaharu. Adanya blok pertanaman gaharu dengan umur dan tingkat pertumbuhan yang berbeda, serta kondisi ekologis, khususnya faktor kerapatan tumbuhan (berbagai jenis pohon dan semak), yang juga beragam (Kuntadi *et al.*, 2016) memungkinkan untuk dapat memahami bagaimana defoliasi akibat serangan ulat *H. vitessoides* serta dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman gaharu pada kondisi yang bervariasi. Menurut Rahayu dan Maharani (2012), tingkat dominansi dan keragaman vegetasi merupakan salah satu faktor dominan yang sangat berpengaruh terhadap serangan ulat gaharu. Makalah ini membahas dampak serangan hama *H. vitessoides* pada pertanaman gaharu di HP Carita.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Hutan Penelitian (HP) Carita selama tiga tahun, mulai dari bulan April 2012 sampai dengan Maret 2015. HP Carita merupakan kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) sebagai hutan penelitian dan pendidikan dengan luas 3000 ha dan berlokasi di Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Berikut adalah ringkas kondisi biofisik KHDTK Carita (Samsedin *et al.*, 2010):

- Letak geografis: koordinat 06°8' - 06°14' LS dan 105°50' - 105°55' BT
- Topografi: landai hingga curam (10-35%)
- Ketinggian tempat: sampai dengan 100m dpl
- Jenis tanah: alluvial kelabu dengan bahan induk endapan liat.
- Iklim: Tipe A (menurut klasifikasi Schmidt & Ferguson, 1951) dengan curah hujan rata-rata

tahunan sebesar 3.950 mm, suhu udara antara 23° dan 35° C, dan kelembapan nisbi antara 77% dan 85%.

- Tipe hutan: hutan tanaman dan hutan alam dataran rendah.

HP Carita memiliki tiga blok tanaman gaharu, masing-masing ditanam pada waktu dan lokasi yang berlainan dengan jarak tanam 3 x 3m. Blok I berada di petak 71 seluas 4 ha, blok II di petak 75 seluas 2 ha, dan blok III di petak 69 seluas 10 ha dengan jarak antar blok sekitar 1-2 km. Tabel 1 menjelaskan karakteristik masing-masing blok pertanaman gaharu tersebut. Setiap blok diperlakukan sebagai plot; dengan demikian terdapat 3 plot pengamatan.

Tabel 1. Karakteristik plot pengamatan
Table 1. Characteristics of research plots

Karakteristik Plot (Plot characteristic)	Plot Penelitian (Research Plots)		
	I	II	III
Tahun tanam gaharu (Planting year of agarwood)	2004	2006	2008
Rata-rata tinggi pohon gaharu (Everage height of agarwood trees) (cm)	400	102	112
Rata-rata diameter pohon gaharu (Everage diameter of agarwood trees) (cm)	3,9	2	1,8
Kerapatan tegakan hutan (Foreststand density) (pohon/ha)	6.875	5.550	5.675
Kerapatan tumbuhan bawah (Shrub density) (batang/ha)	12.950	9.700	6.625

Sumber (source): Kuntadi *et al.* (2016)

B. Bahan dan Alat

Bahan penelitian antara lain tegakan gaharu di HP Carita dan *tallysheet* untuk mencatat data serangan ulat, tingkat defoliasi setiap pohon contoh, dan kematian tanaman. Alat penelitian antara lain meteran untuk mengukur diameter dan tinggi pohon, penanda pohon untuk memberikan identitas setiap pohon contoh, dan beberapa peralatan pendukung lainnya.

C. Tahap Pelaksanaan/Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui pengamatan secara berkala setiap bulan terhadap kejadian serangan ulat *H. vitessoides* dan tingkat kerusakan pohon pada ketiga blok pertanaman gaharu yang menjadi plot pengamatan. Pada setiap plot secara acak ditentukan sebanyak enam subplot pengamatan permanen, masing-masing subplot berjarak sekitar 50-100m. Setiap subplot terdiri dari 15 batang pohon gaharu contoh yang dipilih secara acak di antara tegakan gaharu yang tersedia. Jumlah pohon contoh di setiap plot

dipertahankan sebanyak 15 batang selama penelitian berlangsung, yakni dengan mengganti setiap pohon gaharu yang mati dengan tanaman gaharu terdekat. Data yang dikumpulkan meliputi, karakteristik serangan, intensitas kerusakan pertanaman gaharu, dan kematian pohon.

Karakteristik serangan diamati berdasarkan fase perkembangan ulat (instar) dan potensi kerusakan yang ditimbulkan. Instar ulat ditentukan berdasarkan ukuran panjang ulat yang dijumpai pada saat pengamatan dengan mengacu pada kriteria instar ulat gaharu dari Kalita *et al* (2002). Potensi kerusakan dinilai berdasarkan bobot kerusakan tajuk pada setiap pohon contoh. Adapun bobot kerusakan tajuk ditentukan berdasarkan persen defoliasi pada setiap pohon contoh dengan mengadopsi klasifikasi tingkat kerusakan tajuk yang digunakan oleh Rozendaal dan Kobe (2014), yaitu:

10 – 25% = defoliasi ringan (*light defoliation*)
25 – 50% = defoliasi sedang (*moderate defoliation*)
50 – 75% = defoliasi berat (*heavy defoliation*)
75 – 100% = defoliasi sangat berat (*severe defoliation*)

Intensitas kerusakan pertanaman merupakan persentase jumlah pohon yang mengalami kerusakan tajuk untuk semua tingkat defoliasi. Intensitas kerusakan pertanaman dihitung berdasarkan persentase rata-rata jumlah pohon yang mengalami kerusakan tajuk pada setiap bulan pengamatan.

Tingkat kematian pohon merupakan persentase jumlah pohon mati di masing-masing blok pertanaman gaharu. Tingkat kematian pohon dihitung berdasarkan persentase rata-rata per tahun jumlah pohon yang mati pada semua plot pengamatan di setiap blok pertanaman gaharu.

D. Analisis Data

Data karakteristik serangan, intensitas defoliasi, dan kematian pohon dianalisis secara deskriptif. Karakteristik serangan dideskripsikan berdasarkan pola serangan hama untuk setiap fase perkembangan ulat (instar) dan potensi kerusakan yang ditimbulkan. Data pengamatan intensitas defoliasi dan kematian pohon gaharu disajikan dalam bentuk grafik bulanan dan dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan pola perkembangan kedua parameter penelitian dari ketiga plot pertanaman gaharu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Karakteristik Serangan

Serangan ulat gaharu diawali dengan peletakan massa telur oleh ngengat *H. vitessoides* betina di bawah permukaan daun gaharu yang masih muda. Massa telur berwarna kuning muda, terdiri dari ratusan butir yang diletakkan

berkelompok (Gambar 1). Telur menetas dalam waktu bersamaan menjadi ulat-ulat kecil (larva) dengan panjang sekitar 2 mm (Qiao *et al.*, 2013). Larva mulai memakan daun, dan aktivitas makan berlangsung terus sampai memasuki masa istirahat pada saat mencapai instar 5. Tabel 2 memperlihatkan deskripsi pertumbuhan ulat dan dampak defoliasi yang potensial diakibatkannya.



Gambar 1. Massa telur diletakkan di bawah permukaan daun muda.

Figure 1. The egg mass laid on the under surface of young leaf.

Larva yang baru keluar dari telur berwarna kuning pucat, bergerombol (beragregasi) dan aktif makan dengan mengerat lapisan klorofil daun yang masih sangat muda dan menyisakan jaringan epidermis daun. Selama instar 1, ukuran panjang ulat terus berkembang hingga mencapai sekitar 9-10 mm. Tingkat kerusakan daun yang diakibatkan oleh larva instar 1 masih tergolong ringan, yaitu berupa kerusakan beberapa helai daun muda pada satu ranting kecil. Memasuki instar 2 dengan panjang tubuh sekitar 10 mm, ulat gaharu tetap beragregasi dalam satu kerumunan yang rapat dengan memakan semua bagian daun kecuali tulang daun. Pola dan kemampuan makan ulat instar 2 semakin kuat dan, seiring waktu, masing-masing individu ulat berkembang hingga mencapai panjang tubuh mendekati 2 cm menjelang memasuki instar 3. Pada instar 2, sumber pakan tidak lagi hanya daun muda pada pucuk ranting, melainkan mulai memangsa daun yang lebih tua. Agregasi ulat mulai bergerak ke ranting-ranting berikutnya yang terdekat dengan ranting awal mula ulat gaharu mulai berkembang. Kebutuhan konsumsi larva instar 2 yang terus meningkat menyebabkan tingkat kerusakan yang diakibatkan semakin besar. Pada instar 3 awal, panjang ulat sudah mencapai sekitar 20 mm dengan warna cenderung kehijauan dan terdapat bintik hitam di sepanjang sisi lateral, kepala berwarna kecokelatan. Pola makan ulat instar 3 semakin agresif dan agregasi ulat mulai bergerak meluas dengan memakan seluruh bagian daun, baik yang muda maupun yang sudah lebih tua. Perkembangan ulat instar 3 dapat mencapai panjang 24 mm pada menjelang memasuki masa

instar 4. Tingkat kerusakan tanaman gaharu akibat serangan ulat gaharu sampai dengan instar 3 dapat mencapai 50-75%, khususnya pada tingkat *seedling*. Pada instar 4 ulat tidak lagi beragregasi, melainkan menyebar ke seluruh bagian tajuk tanaman untuk memenuhi kebutuhannya. Ukuran tubuh ulat instar 4 dapat berkembang dari panjang sekitar 24 mm sampai dengan 30 mm. Ulat berwarna kuning kehijauan dengan bintik hitam yang sangat tegas dan terlihat bulu-bulu pendek yang jarang di bagian tubuhnya. Tingkat kerusakan tanaman yang ditimbulkan ulat gaharu sampai dengan instar 5 pada tingkat *seedling* umumnya dapat mencapai 100%. Pada akhir instar 5, aktivitas makan berhenti dan ulat turun ke permukaan tanah melalui sulur yang keluar dari mulut untuk memasuki masa pupa (kepompong).









2. Intensitas Kerusakan Pertanian Gaharu

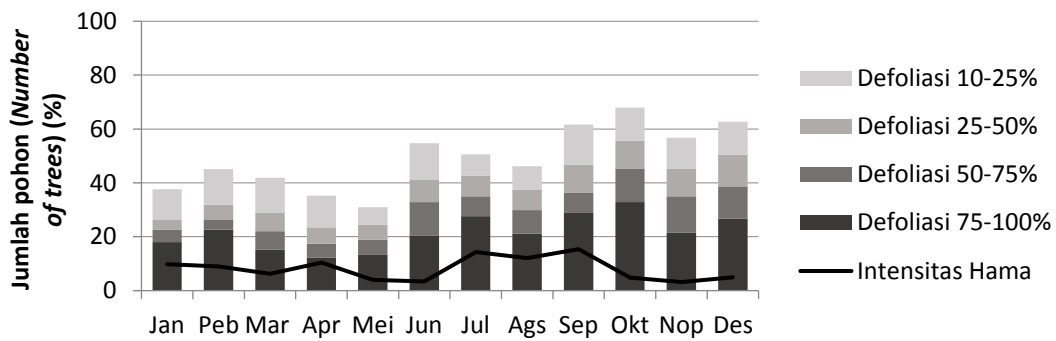
Ulat ditemukan menyerang tanaman gaharu sepanjang tahun di semua plot dengan persentase jumlah pohon terserang berfluktuasi (Kuntadi *et al.*, 2016). Serangan tertinggi ditemukan terutama pada musim kering antara bulan Juli–September. Serangan ulat *H. vitessoides* terjadi secara berulang dengan frekuensi 2-4 kali per tahun.

Serangan ulat mengakibatkan kerusakan daun dengan berbagai tingkat penggundulan (defoliasi). Serangan berulang membawa konsekuensi terjadinya proses penggundulan daun yang berulang. Defoliasi total terutama dialami tanaman gaharu berukuran kecil (*seedling*). Tingkat kerusakan yang terjadi pada tanaman gaharu di HP Carita sesuai klasifikasi tingkat defoliasinya tercantum pada Gambar 2. Secara keseluruhan, persentase rata-rata jumlah pohon yang mengalami kerusakan daun dengan berbagai tingkat defoliasi berkisar antara 30-70% per tahun. Persentase yang tinggi terutama pada musim kemarau hingga awal musim hujan, antara bulan Juni–Desember. Persentase jumlah pohon dengan kerusakan kategori berat (defoliasi 50-75%) dan sangat berat (defoliasi 75-100%) per bulan cukup tinggi, secara total rata-rata di atas 20% dengan kisaran antara 17-45%. Hal ini menandakan bahwa serangan hama gaharu di HP Carita sangat serius.

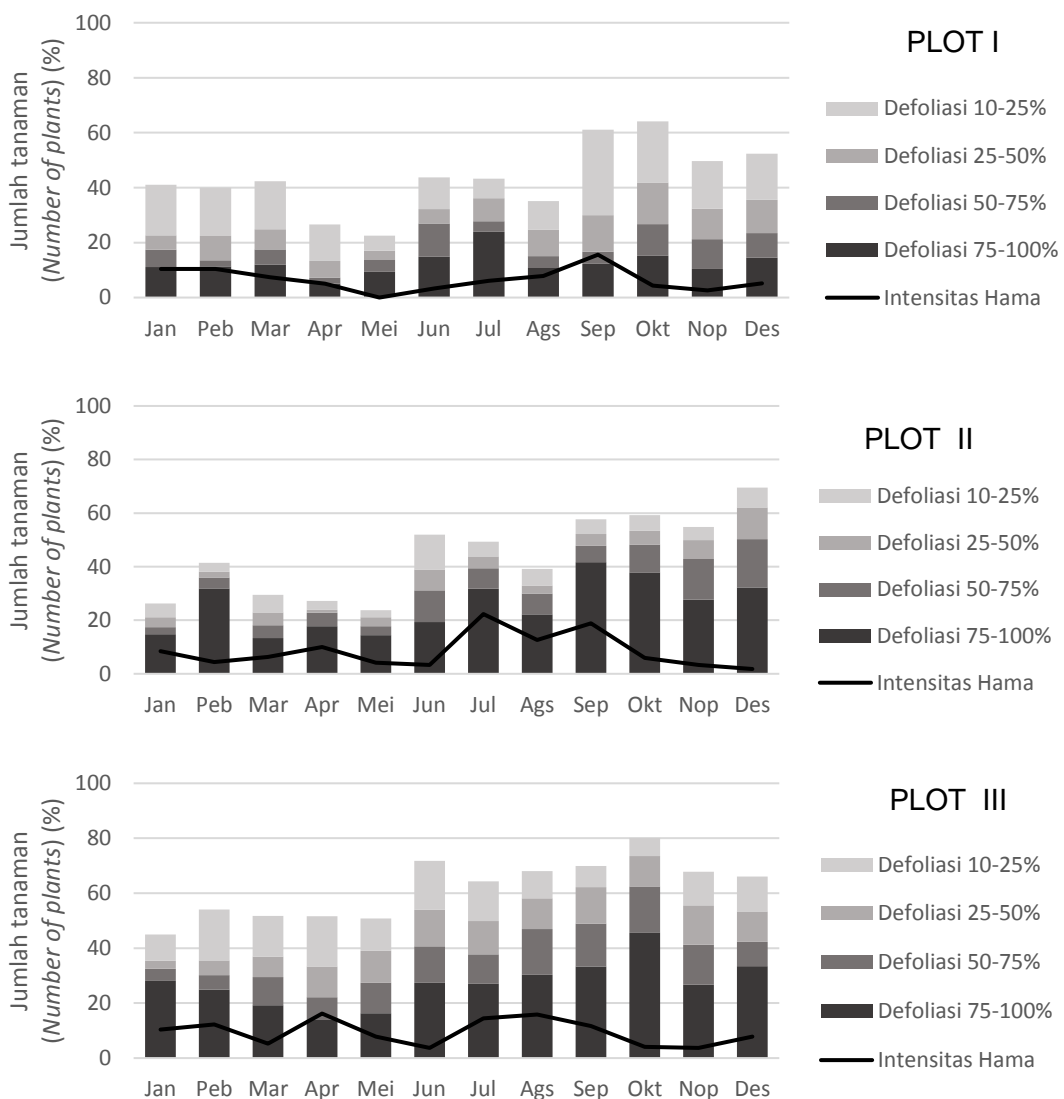
Pengamatan pada masing-masing plot menunjukkan tingkat kerusakan tanaman dengan intensitas defoliasi berat (50-75%) dan sangat berat (75-100%) pada plot I rata-rata lebih rendah persentasenya dibanding dua plot lainnya (plot II dan III) (Gambar 3). Perbedaan terutama terlihat pada saat serangan hama meningkat di musim kemarau antara bulan Juli–Oktober. Ukuran pohon yang lebih besar, baik diameter maupun tinggi pohon, serta tingkat kerapatan tegakan di plot I dibanding dua plot lainnya (Tabel 1) menyebabkan populasi pohon dengan tingkat serangan berat dan

Tabel 2. Karakteristik serangan ulat *H. vitessoides*
Table 2. Characteristics of *H. vitessoides* infestation

Tingkat perkembangan ulat dan tipe serangan (<i>Larval stages and type of attack</i>) (Kalita et al., 2002)	Kerusakan tanaman pada tingkat semai (<i>level of defoliation on seedling</i>)
 <p>Instar 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perilaku/<i>behavior</i>: Berkelompok (<i>gregarious</i>) • Ukuran/<i>size</i>: 2,00 + 0,33 mm • Durasi (<i>duration</i>) : 3,00 ± 0,33 hari (<i>days</i>) • Kebiasaan makan (<i>Feeding habit</i>): Mengerat jaringan epidermis daun muda (<i>Scrapping epidermis tissue of young leaves</i>) 	 <p>Tingkat kerusakan sangat ringan. Daun muda layu dan mengering (<i>Minor destruction. Young leaves wither and dry</i>)</p>
 <p>Instar 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perilaku/<i>behavior</i>: Berkelompok (<i>gregarious</i>) • Ukuran/<i>size</i>: 9,00 + 0,58 mm • Durasi (<i>duration</i>): 3,83 ± 0,027 hari (<i>days</i>) • Kebiasaan makan (<i>Feeding habit</i>): Makan daun muda pada 1 atau 2 ranting terdekat (<i>Eating young leaves on 1 or 2 twigs nearby</i>) 	 <p>Defoliasi ringan. Pucuk daun pada 1 atau lebih ranting yang berdekatan habis (<i>Mild defoliation. Young leaves on twig and the adjacent branches run out</i>)</p>
 <p>Instar 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perilaku/<i>behavior</i>: Berkelompok (<i>gregarious</i>) • Ukuran/<i>size</i>: 19,17 + 0,51 mm • Durasi (<i>duration</i>): 6,67 ± 0,51 hari (<i>days</i>) • Kebiasaan makan (<i>Feeding habit</i>): Makan seluruh bagian daun dari daun yang lebih tua (<i>Eating whole part of older leaves</i>) 	 <p>Kerusakan sedang. Defolisi pada beberapa ranting tanaman (<i>Medium damage. Defoliation on some twigs</i>)</p>
 <p>Instar 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perilaku/<i>behavior</i>: Menyebar (<i>disperse</i>) • Ukuran/<i>size</i>: 24,50 + 0,33 mm • Durasi (<i>duration</i>): 5,17 ± 0,51 hari (<i>days</i>) • Kebiasaan makan (<i>Feeding habit</i>): Ulat menyebar dan makan seluruh bagian daun, termasuk daun tua (<i>Caterpillars spread and eat the entire leaf, including older leaves</i>) 	 <p>Kerusakan berat. Tanaman dapat kehilangan sebagian besar hingga seluruh daun (<i>Severe damage. Plant can lose the whole leaves</i>)</p>
<p>Instar 5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perilaku/<i>behavior</i>: Turun ke tanah (<i>down to soil</i>) • Ukuran/<i>size</i> (mm): 30,00 + 0,67 • Durasi (<i>duration</i>) (hari/<i>days</i>): 4,83 ± 0,43 	<p>Ulat berhenti makan dan turun ke tanah untuk berkepompong di bawah permukaan tanah atau di dalam seresah (<i>Caterpillars stopped feeding and came down to the ground to pupate below the soil surface or inside plant debris</i>)</p>



Gambar 2. Intensitas kerusakan tanaman gaharu di HP Carita.
Figure 2. The defoliation intensity of agar plantation at Carita Forest Research Station.

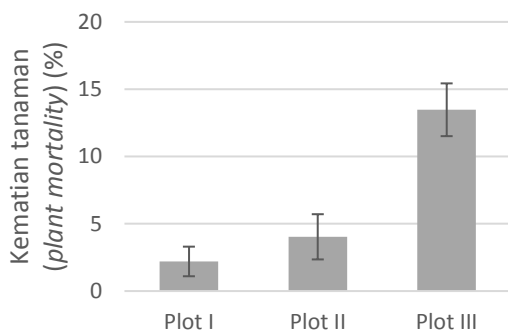


Gambar 3. Persentase jumlah pohon gaharu dengan berbagai tingkat defoliasi pada ke tiga plot penelitian berdasarkan pengamatan bulanan.
Figure 3. The mean percentages of agarwood trees with various levels of defoliation in each research plots based on monthly observation.

sangat berat menjadi lebih rendah persentasenya karena masing-masing pohon memiliki tajuk dan populasi daun yang jauh lebih banyak. Sebaliknya, pohon di plot II dan III rata-rata bertajuk kecil dengan jumlah daun yang lebih sedikit, sehingga tingkat defoliasi akibat serangan hama cenderung lebih berat.

3. Tingkat Kematian Pohon

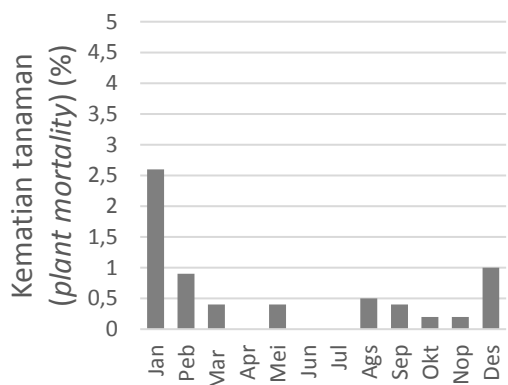
Serangan ulat menyebabkan kematian tanaman gaharu dengan tingkat kematian yang berbeda antar plot. Tingkat kematian tertinggi terjadi di plot III dengan persentase rata-rata sebesar 13,47% per tahun, disusul kemudian plot II sebesar 4,03% dan yang terendah yaitu plot I sebesar 2,2% (Gambar 4).



Gambar 4. Tingkat kematian tanaman gaharu rata-rata per tahun

Figure 4. The annual mortality rate of agarwood trees

Berdasarkan pola distribusi kematian tanaman gaharu, tingkat kematian yang tinggi terjadi pada musim hujan, terutama antara bulan Desember dan Februari dengan persentase tertinggi mencapai rata-rata sebesar 2,6% pada bulan Januari (Gambar 5). Pada bulan lainnya, tingkat kematian tanaman gaharu relatif sangat rendah. Bahkan, secara keseluruhan, pada bulan tertentu (April, Juni, Juli) sama sekali tidak dijumpai adanya tanaman yang mati.



Gambar 5. Distribusi kematian tanaman gaharu

Figure 5. The annual distribution of tree mortality

B. Pembahasan

Heortia vitessoides merupakan hama yang sejauh ini diketahui paling berbahaya untuk tanaman gaharu. Serangga dewasa aktif terbang di malam hari untuk mencari pasangan, kawin, dan bereproduksi. Setiap serangga betina mampu menghasilkan ratusan butir telur dan setiap butir telur potensial berkembang menjadi indukan baru apabila mampu menyelesaikan seluruh tahapan perkembangan dalam siklus hidup bangsa Lepidoptera.

Siklus hidup *H. vitessoides* tidak terlalu lama, diperkirakan hanya sekitar 32-35 hari (Rishi *et al.*, 2016). Siklus hidup yang relatif pendek menyebabkan munculnya beberapa generasi baru yang saling tumpang tindih (*overlapping*) pada suatu area pertanaman gaharu. Rishi *et al.* (2016) memperkirakan terdapat 4-5 generasi dalam 1 tahun, namun penulis lain menyatakan *H. vitessoides* dapat berkembang hingga 7-8 generasi per tahun (Chen *et al.*, 2011; Qiao *et al.*, 2012; Qiao *et al.*, 2013). Munculnya beberapa generasi berimbas pada meningkatnya potensi kerusakan tanaman mengingat setiap individu tanaman dapat terserang oleh satu atau lebih koloni ulat gaharu dari generasi yang sama atau generasi yang berbeda pada waktu yang bersamaan dan atau dapat pula terjadi serangan berulang. Pengamatan Kuntadi *et al.* (2016) di HP Carita menunjukkan hal tersebut.

Fase larva merupakan fase terpanjang dalam siklus perkembangbiakan *H. vitessoides*, yakni sekitar 23 hari (Kalita *et al.*, 2002; Rishi *et al.*, 2016), dan menjadi masa paling aktif memangsa tanaman inang. Larva berkembang melalui 5 instar, mulai dari ulat kecil sepanjang 2 mm pada saat menetas sampai dengan panjang sekitar 30 mm pada instar terakhir. Aktivitas makan dilakukan sejak menetas sampai dengan masa istirahat pada menjelang memasuki fase pupa. Perilaku makan dan potensi kerusakan daun yang ditimbulkan sangat tergantung dari tingkat perkembangan dan populasi ulat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Pengamatan Qiao *et al.* (2013) menunjukkan setiap individu ulat mampu mencerna daun gaharu rata-rata sebesar 1,168 cm² pada instar 1; 3,533 cm² pada instar 2; 3,763 cm² pada instar 3; 8,74 cm² pada instar 4 ; dan 31,976 cm² pada instar 5. Sementara itu, daya tetas telur untuk setiap massa telur yang dihasilkan induk ngengat juga relatif tinggi, yaitu di atas 95% (Qiao *et al.*, 2013). Dengan kemampuan dan aktivitas makanan yang tinggi serta jumlah individu yang banyak untuk setiap generasi yang dihasilkan induk ngengat, maka potensi daya rusak hama *H. vitessoides* pada tanaman gaharu menjadi tergolong besar.

Data karakteristik serangan (Tabel 2) serta tingkat kerusakan tanaman gaharu di HP Carita

(Gambar 2 dan 3) menunjukkan *H. vitessoides* merupakan hama pengganggu yang sangat serius bagi tanaman gaharu. Hasil penelitian ini memperkuat beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa *H. vitessoides* merupakan hama yang paling berbahaya pada tanaman gaharu (Kalita *et al.* 2002; Qiao *et al.* 2012; Rahayu & Maharani, 2012; Saikia & Shrivastava, 2015; Rishi *et al.*, 2016). Serangan ulat gaharu menyebabkan kerusakan tanaman gaharu di beberapa Negara di Asia Selatan dan Tenggara serta Australia bagian utara (Qiao *et al.*, 2012; Saikia & Shrivastava, 2015). Dimulai dari India pada tahun 1998 (Kalita *et al.*, 2002), serangan berat hama ulat gaharu menjangar dan mulai terjadi di Indonesia pada tahun 2005 (Handika *et al.*, 2016). Sejak itu, serangan beruntun terjadi di beberapa daerah dan menyebar ke berbagai wilayah (Irianto *et al.*, 2010), termasuk di HP Carita.

Kerusakan tanaman gaharu merupakan akibat langsung dari aktifitas makan larva *H. vitessoides*. Tingkat defoliasi yang tinggi yang terjadi sepanjang tahun pada pertanaman gaharu di HP Carita (Gambar 2) merupakan konsekuensi dari tingginya intensitas serangan ulat gaharu yang juga terjadi sepanjang tahun (Kuntadi *et al.*, 2016). Intensitas kerusakan berkaitan erat dengan tingkat pertumbuhan pohon dan populasi ulat, khususnya instar 3 dan 4 pada saat kemampuan dan aktivitas makan semakin tinggi dan kemampuan Bergeraknya semakin luas (Qiao *et al.*, 2013). Tanaman tingkat *seedling* (semai) menjadi paling berisiko mengalami defoliasi berat (Saikia & Shrivastava, 2015; Rishi *et al.*, 2016), selain karena jumlah daunnya yang jauh lebih sedikit dibanding tingkat pertumbuhan di atasnya (pancang, tiang dan pohon), hampir keseluruhannya merupakan daun usia muda yang merupakan target pertama serangan ulat gaharu. Gambar 3 mengonfirmasi hal tersebut, yakni persentase jumlah pohon dengan tingkat kerusakan berat dan sangat berat (defoliasi >50%) secara umum lebih tinggi pada tingkat semai (plot II dan III) daripada tingkat pancang (plot I).

Kondisi ekologis di plot II dan III yang lebih terbuka dan tanaman gaharu yang didominasi daun usia muda tampaknya memiliki daya tarik yang lebih tinggi bagi hadirnya hama gaharu *H. vitessoides*. Intensitas serangan ulat gaharu yang lebih tinggi di kedua plot menunjukkan hal tersebut (Kuntadi *et al.*, 2016). Ketersediaan daun usia muda menjadi faktor penting bagi kupu betina dapat mengenali dan menemukan tumbuhan inang untuk meletakkan telur serta untuk menjamin tersedianya cukup makanan dan nutrisi bagi keturunannya (Qiao *et al.*, 2012). Tidak hanya itu, keberadaan daun yang muda juga menjadi jaminan bagi potensi daya hidup yang lebih tinggi bagi larva

yang baru menetas yang kemampuannya memangsa jaringan tanaman masih sangat terbatas. Badenez-Pérez *et al.* (2014) dan Friberg *et al.* (2015) melaporkan bahwa proses seleksi tumbuhan inang bagi kebanyakan serangga hama dipengaruhi oleh perilaku bertelur induk betina berikut preferensi makanan dan potensi daya hidup keturunannya.

Selain faktor di atas, tingginya tingkat defoliasi juga berkaitan dengan serangan yang terjadi secara berulang. Menurut Kuntadi *et al.* (2016), jumlah populasi pohon yang mengalami serangan berulang mencapai lebih dari 65% di plot II dan III, sedangkan di plot I hanya sebesar 36%. Hal tersebut dapat dipahami, karena defoliasi akan diikuti dengan tumbuh-kembalinya daun yang baru; namun, pada saat yang sama, daun-daun muda yang tumbuh akan menjadi faktor pendorong datangnya kembali serangan hama sebelum tajuk pohon kembali terbentuk sempurna. Faktor lain yang berperan menyebabkan terjadinya serangan berulang yakni preferensi ulat gaharu pada individu tanaman gaharu tertentu. Penelitian Jin *et al.* (2016) membuktikan hal tersebut. Percobaan menggunakan pilihan ganda yang dilakukannya menunjukkan ulat gaharu cenderung memilih daun gaharu yang diambil dari tanaman yang pernah mengalami defoliasi berat dibandingkan yang sebaliknya.

Defoliasi diketahui mengakibatkan terhambatnya proses pertumbuhan tanaman (Jacquet *et al.*, 2012; Piper *et al.*, 2015; Simmons *et al.*, 2014), tidak terkecuali pada tanaman gaharu yang bahkan dapat menyebabkan kematian. Hal tersebut sebagai akibat dari menurunnya proses fotosintesis yang disebabkan oleh berkurangnya volume daun yang menjadi tempat berprosesnya kegiatan tersebut. Pada kondisi defoliasi berat dan terjadi secara berulang dampaknya pada tanaman menjadi jauh lebih besar, yaitu kehilangan pertumbuhan hingga kematian (Palacio *et al.*, 2012; Simmons *et al.*, 2014). Pada tanaman konifer, kehilangan pertumbuhan akibat defoliasi bervariasi antara 10-80%, tergantung tingkat defoliasi dan pertumbuhan tanaman (Jacquet *et al.*, 2012). Menurut Jacquet *et al.* (2012), pada kondisi defoliasi sangat berat (75-100%), persentase rata-rata kehilangan pertumbuhan mencapai 50% pada pohon tua (umur >15 tahun) dan lebih dari 60% pada pohon muda (umur <15 tahun). Hasil penelitian Jacquet (2012) tersebut mengonfirmasi kondisi tanaman gaharu di HP Carita yang memperlihatkan adanya kehilangan pertumbuhan yang cukup besar. Pertumbuhan tanaman gaharu tampak sangat lambat, khususnya pada plot II dan III, yakni plot gaharu yang tingkat defoliasinya tinggi dan terjadi secara berulang. Meskipun tanaman gaharu di kedua plot tersebut ditanam tahun 2006 dan 2008, tingkat pertumbuhannya

secara visual umumnya belum beranjak dari tingkat semai. Data kami juga membuktikan bahwa serangan ulat gaharu tidak hanya berisiko menghambat pertumbuhan, tetapi juga menyebabkan kematian tanaman (Gambar 4). Kematian yang tinggi terutama pada tingkat pertumbuhan semai. Menurut Jacquet *et al.* (2012), resiko kematian menjadi semakin tinggi khususnya pada tanaman muda atau pada kondisi tanah yang miskin, karena potensi terserang hama/penyakit lain (sekunder) menjadi lebih besar.

Keterangan di atas menegaskan bahwa ulat gaharu merupakan hama yang dampak serangannya sangat serius dan berbahaya bagi pertanaman gaharu. Defoliiasi akibat serangan ulat gaharu tidak saja berisiko menghambat pertumbuhan tanaman, tetapi juga mengakibatkan kematian. Kehilangan pertumbuhan akibat serangan ulat *H. vitessoides* tidak dapat dipandang ringan karena proses defoliiasi dapat terjadi secara berulang. Serangan terus menerus menyebabkan tanaman gaharu mengalami pertumbuhan stagnan (tidak tumbuh); bahkan kematian, apabila secara fisiologis tidak mampu lagi menumbuhkan daun (*re-foliation*). Kematian tanaman gaharu dikhawatirkan 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 (Gambar 6) (Pengamatan pribadi).



Gambar 6. Pohon gaharu mati setelah terserang berat hama ulat *H. vitessoides*.

Figure 6. Agar trees died after being attacked by gregarious caterpillars of *H.vitessoides*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Serangan ulat gaharu *H. vitessoides* menyebabkan defoliiasi dalam berbagai tingkat, mulai dari ringan hingga berat sekali. Defoliiasi terjadi pada sejumlah tanaman gaharu setiap bulan sepanjang tahun dengan persentase yang tinggi terutama terjadi pada musim kemarau sampai dengan awal musim hujan (Juni-Desember). *Seedling* merupakan tingkat pertumbuhan

tanaman gaharu yang paling rawan terserang ulat *H. vitessoides* dan mengalami defoliiasi paling berat.

Defoliiasi yang berat dan berulang menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kematian tanaman. Selain kematian pohon, defoliiasi juga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman gaharu.

B. Saran

Perlu pengawasan dan upaya pengendalian hama ulat *H. vitessoides* sejak dini pada setiap pertanaman untuk mencegah kerugian yang lebih besar. Pengawasan dan pengendalian sebaiknya dilakukan secara terus menerus dan diutamakan pada saat menjelang dan akhir musim hujan, yakni pada saat tingkat serangan masih relatif rendah. Kewaspadaan perlu ditingkatkan terutama pada tanaman gaharu tingkat semai (*seedling*) dan pancang (*sapling*), yakni tingkat pertumbuhan yang paling rawan terserang ulat gaharu.

Penelitian dan eksplorasi potensi musuh alami hama ulat gaharu perlu didorong. Pemanfaatan musuh alami akan mengurangi ketergantungan penggunaan pestisida yang berpotensi mencemari lingkungan dan produksi oleoresin, serta menurunkan biaya dan waktu untuk pengawasan dan pengendalian hama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada jajaran manajemen Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan yang telah memfasilitasi pendanaan dan membantu kelancaran pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih dan apresiasi juga Penulis sampaikan kepada teknisi dan petugas lapangan KHDTK Carita yang telah membantu dalam mengumpulkan data di lapangan, khususnya Bapak Atep, Masroji dan Anwar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. (2012). *Biologi hama Heortia sp. (Lepidoptera: Crambidae) pada tanaman mahkota dewa (Phaleria macrocarpa) di laboratorium.* (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Badenez-Pérez, F.R., Gershenzon, J., & Heckel, D.G. (2014). Insect attraction versus plant defense: Young leaves high in glucosinolates stimulate oviposition by a specialist herbivore despite poor larval survival due to high saponin content. *PloS One* 9, e95766. Doi: 10.1371/journal.pone.0095766.
- Chen, Z.Y., Li, D.W., Wang, L., Li, Y.Z., Huang, X.R., & Qin, C.S. (2011). Studies on biological characteristics of *Heortia vitessoides* Morre on *Aquilaria sinensis*. Abstract. China Plant Protection 2011-11. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZBJS201111003.htm. Diakses tanggal 5 Januari 2014.

- Chowdhury, M. (2014). *Production of agarwood through aeration method into the agar tree*. (MS Thesis). Department of Farm Power and Machinery, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh.
- Emilia, H. (2013). *Biologi Heortia vitessoides Moore (Lepidoptera: Crambidae) pada Tanaman Mahkota Dewa (Phaleria macrocarpa (scheff.) Boerl.)*. (Skripsi). Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB.
- Friberg, M., Posledovich, D., & Wicklund, C. (2015). Decoupling of female host plant preference and offspring performance in specialist and generalist butterflies. *Oecologia*, 178, 1181-1192.
- Handika, A., Yuningsih, L., & Asmaliyah. (2016). Identifikasi hama dan analisis serangan terhadap tanaman gaharu (*Aquilaria* sp.) di PT Agarwood Bangka Lestari, Pangkal Pinang. *Sylva*, 5(1), 9-13.
- Hariri, A. (2012). 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.
- Hariri, A.M., & Indriyati. (2011). Karakterisasi Hama Pemakan Daun Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa* [Scheff.] Boerl.). Dalam: Ginting C & Hendri J. (Eds). *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Hlm. 1-64 – 1-70.
- Irianto, R.S.B., Santoso, E., Turjaman, M., & Sitepu, I.R. (2010). Hama pada pohon penghasil gaharu dan teknik pengendaliannya. *Info Hutan*, 7(2), 225-228.
- Islam, M.R., Rahman, M.Z., & Ashad-Us-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, J.-S., Orazio, C., & Jactel, H. (2012). Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of Forest Science*, 69, 857-866. Doi:10.1007/s13595-012-0209.0
- Jin, X., Ma, T., Chang, M., Wu, Y., Liu, Z., Sun, Z., Shan, T., Chen, X., Wen, X., & Wang, C. (2016). Aggregation and feeding preference of gregarious *Heortia vitessoides* (Lepidoptera: Crambidae) larvae to *Aquilaria sinensis* (Thymelaeaceae). *J. Entomol. Sci.*, 51(3), 209-218. Doi:10.1847/JES15-39.1
- Kalita, J., Bhattacharyya, P.R., & Nath, S.C. (2002). *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Pyralidae) - a serious pest of agarwood plant (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Geobios (Jodhpur, India)*, 29(1), 13-16.
- Kuntadi, Irianto, R.S.B., & Anddari, 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.
- Lestari, F. & Darwiati, W. (2014). Uji efikasi ekstrak daun dan biji dari tanaman suren, mimba, dan sirsak terhadap mortalitas hama ulat gaharu. *J. Penelitian Hutan Tanaman*, 11(3), 165-172.
- Maryani, D. (2011). *Karakteristik usaha gaharu alam (Aquilaria malaccensis) di Provinsi Bengkulu (Studi kasus di Kabupaten Bengkulu Selatan, Kabupaten Kaur, dan Kabupaten Seluma)*. (Thesis S1) Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Palacio, S., Hernández, R., Maestro-Martínez, M., & Camarero, J.J. (2012). Fast of replenishment of initial carbon store after defoliation by the pine processionary moth and its relationship to the re-growth ability of trees. *Trees-Structure and Function*, 26, 1627-1640.
- Piper, F.I., Gundale, M.J., & Fajardo, A. (2015). Extreme defoliation reduces but not C and N storage in a winter-deciduous species. *Annals of Botany*, 1-11. Doi:10.1093/aob/mcv038.
- Qiao, H.L., Lu, P.F., Chen, J., Ma, W.S., Qin, R.M., & Li, X.M. (2012). Antennal and behavioural responses of *Heortia vitessoides* females to host plant volatiles of *Aquilaria sinensis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143(3), 269-279.
- Qiao, H.L., Lu, P.F., Chen, J., Xu, C.Q., Ma, W.S., Qin, R.M., Li, X.M., & Cheng, H.Z. (2013). Morphological and biological characteristics of *Heortia vitessoides*. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 50(5). [Http://www.ent-bull.com.cn/viewmulu_en.aspx?qi_id=1046&mid=31623](http://www.ent-bull.com.cn/viewmulu_en.aspx?qi_id=1046&mid=31623).
- Rahayu, A.D., & Maharani, D. (2012). Parameter ekologi serangan hama ulat daun (*Heortia vitessoides* Moore) pada tanaman gaharu (*Gyrinops versteegii* (Gilg) Domke) di Pulau Lombok. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(4), 385-393.
- Rhisi, R.R., Pandey, S., & Kumar, R. (2016). Management of *Heortia vitessoides* Moore. A major insect pest of *Aquilaria malaccensis* Lamk. in North East India. *J. of Entomology and Zoology Studies*, 4(6), 335-338.
- Rozendaal, D.M.A. & Kobe, R.K. (2014). Competitive balance among tree species altered by forest tent caterpillar defoliation. *Forest Ecology and Management*, 327, 18-25.
- Saikia, M. & 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.
- Samsuudin, I., Heriyanto, N.M., & Subiandono, E. (2010). Struktur dan komposisi jenis tumbuhan pamah di kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Carita, Provinsi Banten. *J. Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 7(2), 139-148.
- Siburian, R.H.S., Siregar, U.J., Siregar, I.Z., & Santoso, E. (2015). Identification of morphological characters of *Aquilaria microcarpa* in the interaction with *Fusarium solani*. *IJSBAR*, 20(1), 119-128.
- Simmons, M.J., Lee, T.D., Ducey, M.J., Elkinton, J.S., Boettner, G.H., & Dodds, K.J. (2014). Effects of invasive winter moth defoliation on tree radial

- growth in Eastern Massachusetts, USA. *Insects*, 5, 301-318. Doi:10.3390/insects5020301.
- Sitepu, I.R., Santoso, E., Siran, S.A., & 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.
- Turjaman, M., Hidayat, A., & Santoso, E. (2016). *Development of agarwood induction technology using endophytic fungi*. Dalam Mohamed, R. (ed.), *Agarwood*. Springer, Singapore. Hal. 57-71.
- Turjaman, M. & Hidayat, A. (2017). Agarwood-planted tree inventory in Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 54, 012062. DOI: 10.1088/1755-1315/54/1/012062.